DIE NATURWISSENSCHAFTEN

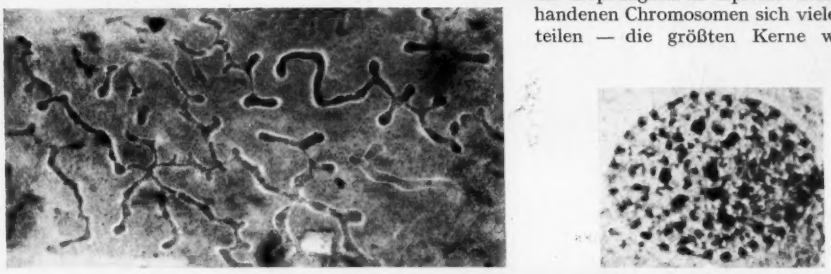
28. Jahrgang | 19. April 1940 | Heft 16

Neue Untersuchungen über Bau und Wachstum des Zellkerns in Geweben[1]).

Von LOTHAR GEITLER, Wien.

Zu den grundlegenden Sätzen der allgemeinen Biologie gehört die Behauptung, daß die Chromosomenzahl in den Kernen vielzelliger Organismen konstant ist. Diese Behauptung ergab sich aus den Chromosomenzählungen in Mitosen, wobei sich tatsächlich bei Pflanzen und Tieren ganz allgemein die diploide (oder haploide) Chromosomenzahl feststellen ließ; das vereinzelte Vorkommen polyploider Zahlen konnte als „Ausnahme" abgetan werden. Allerdings wurden die Zählungen notwendigerweise an teilungsfähigen Geweben vorgenommen; wie sich die Kerne nach dem Erlöschen der Teilungsfähigkeit, also während der Differenzierung der Gewebe, verhalten, und im besonderen, worauf das oft sehr beträchtliche Kernwachstum während des Zellwachstums beruht, konnte daher nicht aufgeklärt werden, ja diese Frage wurde bis in die jüngste Zeit nicht einmal ernstlich aufgeworfen, da sie stillschweigend in dem Sinn als beantwortet galt, daß die Kerne diploid blieben.

Als Ausgangspunkt der Betrachtung können die Riesenkerne in den Speicheldrüsen und anderen Geweben der Dipterenlarven dienen, die zuerst von HEITZ und BAUER (1933) und unabhängig von ihnen von PAINTER im wesentlichen richtig gedeutet wurden. Sie enthalten, wie sich endgültig aus den letzten Untersuchungen BAUERS (1935, 1938) ergibt, die Chromosomen in stark vervielfachter Anzahl; die Chromosomen sind dabei entspiralisiert, stellen sich also als gerade gestreckte, mit Chromomeren besetzte Chromonemata dar und besitzen somit pachynematische Ausbildung. Eine genaue Feststellung der Chromosomenzahl ist allerdings infolge der engen Paarung der Chromonemata nicht möglich. Sicher ist aber, daß im Laufe der larvalen Entwicklung der Kerne, die sich rein äußerlich als starke Größenzunahme darstellt, die ursprünglich in diploider Zahl vorhandenen Chromosomen sich viele Male teilen — die größten Kerne werden wohl mindestens 512-ploid —, ohne daß sich der Kern teilt (PAINTER und GRIFFEN); die Tochterchromosomen bleiben dabei dicht beisammenliegen, so daß Bündel von Chromosomen bzw. Chromonemata entstehen. In einem Fall gelang es, den Zerfall der Bündel in die Einzelchromosomen zu beobachten (BAUER 1938).



a b

Fig. 1. *Gerris lateralis*, ♂. a) Übersichtsbild eines Teiles der Speicheldrüse mit den verästelten Riesenkernen, schwach vergr. (Alk.-Eis., Karminess.); b) 16-ploider Hodenseptenkern, in der Mitte die 8 X-Chromosomen, der übrige Kernraum von den Autosomen erfüllt (Flemm.-Benda, etwa 1330fach).

Neuere und neueste Untersuchungen haben nun ergeben, daß die „Ruhekerne" nach Durchlaufen der embryonalen oder meristematischen Entwicklungsphase noch wesentliche Veränderungen durchmachen können. Sowohl bei Tieren wie bei Pflanzen sind grundsätzlich übereinstimmende Fälle bekannt geworden, die zeigen, *daß die Kerne unter Vervielfachung ihres Chromosomensatzes wachsen.* Die Kerne solcher fertiggestellter Gewebe sind also *polyploid.* Es scheint angezeigt, diese noch jungen, aber in den Grundzügen nunmehr überblickbaren Erkenntnisse zusammenfassend darzustellen und auf neue, sich aus ihnen ergebende Probleme hinzuweisen.

Dieser Bau hochpolyploider Kerne bestimmter Gewebe ist durch alle Übergänge mit dem Bau kleiner diploider Kerne (z. B. im Gehirn) verbunden (GEITLER 1938, FROLOWA 1938). Das Auftreten polyploider Kerne ist also keine Besonderheit einiger weniger Gewebe, sondern kommt in verschiedenem Ausmaß auch anderen Geweben zu. Ein eigentümliches Verhalten zeigen die Epithelzellen des Hinterdarms: sie wachsen samt ihren Kernen während der Larvenentwicklung ohne Teilungen stark heran, durchlaufen aber dann in der Puppe mehrere Mitosen, bei welchen die vorher

[1]) Durchgeführt mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

erworbene polyploide Chromosomenzahl unmittelbar in Erscheinung tritt; die Mitosen unterscheiden sich im übrigen von gewöhnlichen Mitosen dadurch, daß keine Chromosomenspaltung erfolgt, sondern die vorhandenen Chromosomen so verteilt werden, daß schließlich diploide (und tetraploide) Kerne entstehen (BERGER).

Die Beobachtungen an Dipteren ergeben also, daß polyploide Kerne wesentlich am Aufbau des Somas beteiligt sind und daß die Polyploidie nicht etwa als Folge von Kernverschmelzungen auftritt, sondern durch Teilung der Chromosomen im „Ruhekern" erfolgt; eben dieser Vorgang, die „innere Teilung", ist für die Differenzierung der Gewebe nach der embryonalen Entwicklung von grundlegender Bedeutung.

Infolge ihres besonderen Baues und der im allgemeinen vorhandenen Teilungsunfähigkeit — nur das Hinterdarmepithel und andere verhältnismäßig niedrigpolyploide Gewebe machen eine Ausnahme — ist die Feststellung der Polyploidiestufe und die Verfolgung der inneren Teilung im einzelnen bei den Dipterenkernen nicht möglich. In dieser Hinsicht sind die Kerne der Wanzen viel geeigneter. Die Chromosomen bleiben als solche im Ruhekern im allgemeinen erkennbar, so daß ihre Zahl ohne die Beobachtung von Mitosen festgestellt werden kann (GEITLER 1937). In hochpolyploiden Kernen läßt sich die Auszählung naturgemäß nicht ganz genau durchführen; es genügt dann aber, die Anzahl der X-Chromosomen, deren jedes im Männchen einem diploiden Chromosomensatz entspricht, zu bestimmen. Dies ist z. B. bei *Gerris lateralis* leicht durchführbar, die dem XO-Typus folgt und ein großes, auch in den Somakernen heterochromatisches X-Chromosom besitzt. So sieht man in Fig. 1b einen Kern aus den Hodensepten, der 8 X-Chromosomen enthält, also 16-ploid ist, wie es für diese Kerne typisch ist. In den größten, reich verästelten Kernen der Speicheldrüse ist allerdings auch die Zählung der X-Chromosomen erschwert; doch läßt sich erkennen, daß diese Riesenkerne mindestens 1024-ploid sind (Fig. 1a).

Das Erhaltenbleiben der Chromosomen in einer gegenüber der Mitose wenig veränderten Ausbildung und das typische Vorkommen polyploider Gewebe ist eine allgemeine Eigentümlichkeit der Ruhekerne der Wanzen. Bisher wurden 22 Arten aus den Familien der Gerrididen, Veliiden, Notonectiden, Capsiden, Pyrrhocoriden, Lygaeiden Coreiden, Corixiden und Pentatomiden mit über-

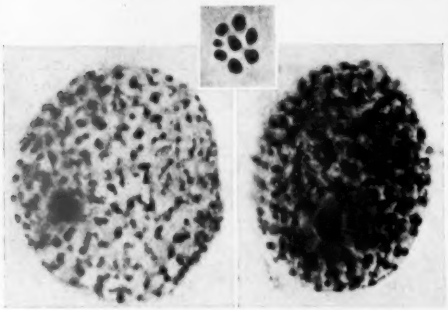


Fig. 2. *Eurydema dominulus*, ♂. Oben: I. Metaphase, links das Y-Chromosom; unten: zwei 32-ploide Kerne aus den Malpighischen Gefäßen, links im Oberflächenbild, rechts Einstellung auf das aus 16 Y-Chromosomen zusammengesetzte Y-Sammelchromozentrum (schwarz), das dem Nukleolus (grauer Hof) anliegt. Etwa 1330fach, Alk.-Eis., Karminess., Venet.-Terp.

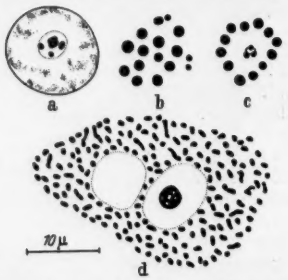


Fig. 3. *Harpactor cruentus*, ♂. a) diffuses Stadium der meiotischen Prophase: am Nukleolus das große Y-Chromosom und drei kleinere X-Chromosomen; b) I. Metaphase: 12 Autosomenpaare, oben und rechts am Rand X und Y; c) II. Metaphase: im Zentrum des Autosomenrings das Y-Chromosom (weiß) und die drei X-Chromosomen; d) 32-ploider Kern aus einem Malpighischen Gefäß: an einem Nukleolus das aus 16 Y-Chromosomen bestehende Sammelchromozentrum (der andere Nukleolus ist von den X-Chromosomen gebildet). Alk.-Eis., Karminess.

Fig. 4. *Gerris lateralis*, Hodenseptenkerne während der Endomitose zwischen 8-ploidem und 16-ploidem Zustand. a) mittlere, b) späte Endoprophase, c) Endometa- bzw. frühe Endoanaphase, d) Endotelophase; die vier X-Chromosomen liegen zu je zweien (Abkömmlinge der vorangehenden Endomitose!) beisammen; in d) ist jedes wieder gespalten. — Alk.-Eis., Karminess. (Nach GEITLER 1939a).

einstimmendem Ergebnis untersucht (GEITLER 1938a, 1939b). Seither konnte der Nachweis noch für die Capside *Miris dolabratus*[1]) und die Reduviide *Harpactor cruentus* erbracht werden.

Gegenüber dem Verhalten von *Gerris lateralis* weichen die Kerne der meisten anderen Wanzen dadurch ab, daß bei Vorhandensein des XY-Typus das Y-Chromosom somatisch heterochromatisch auseinander (Fig. 4d, 5e, 6b), bis in der Endotelophase eine gleichmäßige Verteilung der Chromosomen wieder hergestellt wird (Fig. 5f, g). Infolge des Fehlens einer Spindel fehlen auch alle Bewegungen, die zur Bildung einer Äquatorialplatte und von Tochterplatten führen. Die Trennung der Chromatiden in der Endoanaphase erfolgt anscheinend ohne Beteiligung der Spindelansatz-

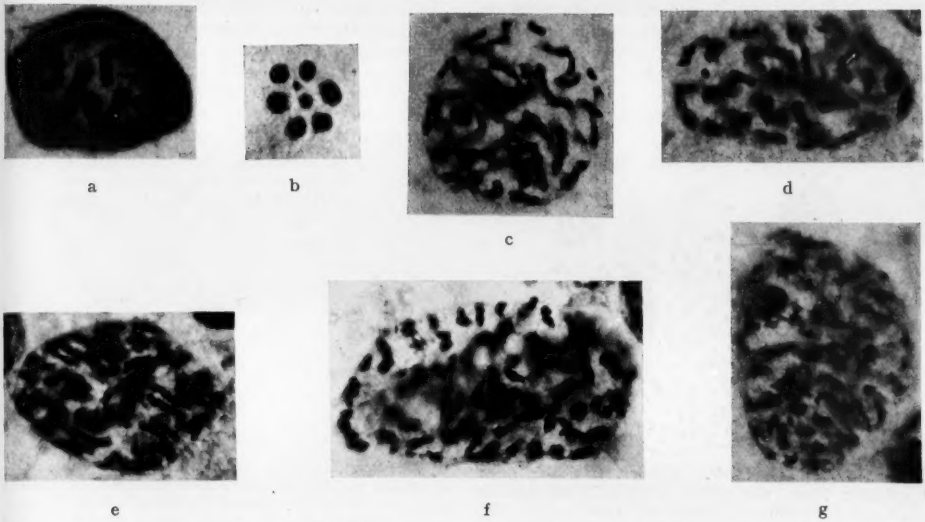


Fig. 5. *Lygaeus saxatilis*, ♂. a) späte Diakinese; links oben das kleine Y-Chromosom, rechts unten das etwas größere X-Chromosom, von den 6 Autosomen sind 5 sichtbar. b) I. Metaphase, in der Mitte X- und Y-Chromosom. c—g) Hodenseptenkerne während der Endomitose zwischen 8-ploidem und 16-ploidem Zustand: c) frühe Endometaphase (links Nukleolus), d) frühe Endoanaphase (im linken Teil sind zwei der vier Y-Chromosomen sichtbar), e) frühe Endotelophase, f) junger, g) alter Ruhekern. — Etwa 1330fach. b) Alk.-Eis., Karminess., die anderen Flemm.-Benda.

ist; dieses besitzt außerdem die Eigentümlichkeit, daß seine Abkömmlinge in polyploiden Kernen meist Sammelchromozentren bilden. So ergibt sich das in Fig. 2 dargestellte Aussehen. Auch *Harpactor*, bei dem der für die Raubwanzen bezeichnende Komplex von X-Chromosomen vorhanden ist, verhält sich in gleicher Weise (Fig. 3).

Die Entstehung der Polyploidie läßt sich während der Larvenentwicklung der Wanzen sehr genau verfolgen (GEITLER 1938b, 1939a). Sie erfolgt unter wiederholten inneren Teilungen, die sich unter dem Bild von *Endomitosen* abspielen, d. h. der Kern erfährt die für eine Mitose bezeichnenden Veränderungen, jedoch ohne daß eine Spindel gebildet und die Kernwand aufgelöst wird. Die Chromosomen bilden also in der Endoprophase ein Spirem (Fig. 4a, 6a), verkürzen sich dann (Fig. 4b, 5c) bis zur Endometaphase (Fig. 4c, 5d), wobei der Längsspalt deutlich wird, die Tochterchromosomen weichen schließlich in der Endoanaphase ± parallel stellen (Centromeren). Der gesamte Ablauf ist also im wesentlichen der gleiche wie im Fall der durch Einwirkung von Colchicin auslösbaren „Colchicinmitosen", die ebenfalls zu polyploiden Kernen führen (LEVAN und die dort angeg. Lit.). Ein gradueller Unterschied ist aber insofern vor-

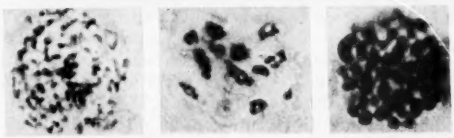


Fig. 6. *Gerris lateralis*. a), b) diploide Hodenseptenkerne in früher Endoprophase bzw. Endoanaphase; c) tetraploide Metaphase im Fettkörper des ♀. — Alk.-Eis., Karminess.

handen, als in den Colchicinmitosen eine normale metaphasische Verkürzung der Chromosomen erfolgt, während diese im Fall der Endomitosen nicht so weit geht (Fig. 6); die Endomitose erscheint also

[1]) Die haploide Chromosomenzahl beträgt, wie bei den früher untersuchten Capsiden, 16 + X (bzw. Y).

in dieser Hinsicht etwas abgekürzt. Im übrigen handelt es sich bei den Endomitosen der Wanzen um ein normales Geschehen, bei den Colchicinmitosen aber um eine Reaktion auf künstlichen Eingriff; allerdings zeigt diese Reaktion, daß die Fähigkeit der Loslösung der Chromosomenteilung vom Spindelmechanismus grundsätzlich — auch bei Pflanzen — vorhanden ist.

Die Kerne der Wanzen, welche durch Endomitosen polyploid werden, gehören verschiedenen Geweben an; die erreichte Polyploidiestufe ist im allgemeinen für jedes Gewebe bezeichnend (Speicheldrüsen mindestens 1024-ploid, MALPIGHIsche Gefäße 32- und 64-ploid, Hodensepten 16-ploid usw.; die bei jedem Verdauungsakt neugebildeten Mitteldarmepithelzellen wachsen jeweils aus diploiden Erneuerungszellen zu 16-ploiden Zellen heran). In einigen Geweben, z. B. der Epidermis und den Ganglien, bleiben die Kerne zeitlebens diploid. Es ergibt sich also, *daß die Bildung der Gewebe bzw. Organe auf zwei verschiedenen Wegen erfolgt:* einmal durch *Zellvermehrung unter Erhaltenbleiben der Diploidie*, das andere Mal durch *Zellwachstum unter Polyploidisierung*. In manchen Fällen kann auch Kombination eintreten, so im Fettkörper, wo tetra- oder oktoploid gewordene Zellen sich weiterhin mitotisch teilen können (Fig. 6c).

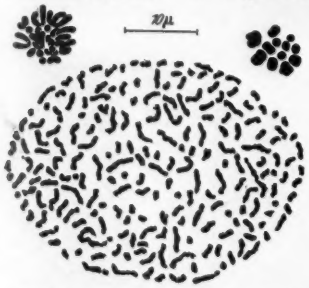


Fig. 7. *Cassida viridis*. Großer, wahrscheinlich 64-ploider Kern aus einem Malpighischen Gefäß; oben links Spermatogonienmitose (2 n = 24), oben rechts I. Metaphase (n = 12). — Alk.-Eis., Karminess.

Das gleiche gilt mutatis mutandis wohl auch für die Dipteren. Die Speicheldrüsenzellen stellen den extremen Fall von Wachstum unter Polyploidisierung dar, die Gehirnganglien bleiben offenbar diploid; das Tracheenepithel wird teraploid, die Rektaldrüsen werden oktoploid, und beide können weiterhin Teilungen erfahren (FROLOWA 1926, 1929).

Niedrig polyploide Gewebe mit mitotischer Vermehrung wurden auch bei Hymenopteren (SANDERSON) und Odonaten (OKSALA) festgestellt. In Analogie zu dem Verhalten der Dipteren und Wanzen ist mit OKSALA wohl anzunehmen, daß die Polyploidie auch hier durch innere Teilung erreicht wird; eine Analyse der Ruhekerne ist in diesen Fällen ausgeschlossen. Daß in anderen Insektengruppen ganz ähnliche Verhältnisse wie bei den Wanzen herrschen, mögen die beiden Beispiele eines Käfers und eines Schmetterlings zeigen (Fig. 7, 8); wenn hier auch keine genaue Ablesung der Polyploidiestufe der Ruhekerne möglich ist, weil heterochromatische „Marken" fehlen, so ergibt sich doch, daß die Polyploidisierung der Kerne und Gewebe ein allgemeines Mittel der Gewebedifferenzierung der Insekten ist.

Von anderen Tieren fehlen noch brauchbare Analysen der Kernstrukturen. Doch geben die an Säugern vorgenommenen Messungen der Kernvolumina (JACOBJ, G. HERTWIG, daselbst Lit.), so unübersichtlich die Ergebnisse auch noch sind, einen Fingerzeig, daß auch hier durch innere Teilung entstandene polyploide Kerne eine Rolle spielen; allerdings scheint die Polyploidie nicht die gleichen hohen Werte wie bei den Insekten zu erreichen.

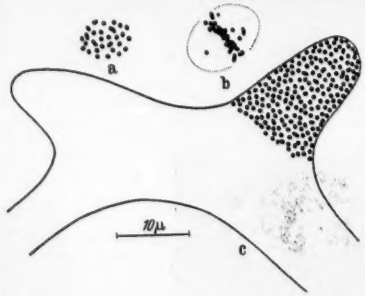


Fig. 8. Schmetterlingsraupe. a) Oberflächenbild eines diploiden Ruhekerns aus dem Fettkörper (im ganzen sind 60—70 kleine, zum Teil punktförmige Chromosomen vorhanden); b) tetraploide Prometaphase aus dem Fettkörper zum Vergleich der Chromosomengröße; c) Teil eines verästelten Kerns aus der Spinndrüse: die Chromosomen sind nur rechts oben eingezeichnet; der ganze Kern ist mindestens 512-ploid. — Alk.-Eis., Karminess.

Wie verhalten sich nun die pflanzlichen Gewebe? Bedeutende Kerngrößen finden sich vor allem in Zellen mit gesteigerter trophischer Funktion. JACHIMSKY untersuchte daher die großen Antipodenkerne von *Aconitum* und *Podophyllum* und fand, daß die Chromosomen in pachynematischer Ausbildung entwickelt sind; in welcher Zahl die Chromosomen vorhanden sind, ob die Kerne also polyploid sind, ließ sich aber nicht feststellen. Polyploide Kerne konnten dagegen in bestimmten Teilen der Wurzel von *Spinacia* nachgewiesen werden; diese Kerne teilen sich mitotisch, wobei sich die Chromosomenzahl bestimmen läßt. Die letzten Mitteilungen von LORZ und GENTSCHEFF und GUSTAFSSON über die Entstehung der Polyploidie enthalten manche Widersprüche, doch ist es wahrscheinlich, daß keine Kernverschmelzungen oder Restitutionskernbildungen in Frage kommen, sondern daß es sich um Vervielfachung der Chromosomen innerhalb der Kerne handelt.

Grundsätzlich bewiesen wurde das Vorkommen polyploider Kerne und ihre Entstehung durch innere Teilung bei Pflanzen nunmehr für die Aracee *Sauromatum guttatum*. Die Pflanze besitzt in den ausgewachsenen Geweben verhältnismäßig stark vergrößerte Kerne, die infolge ihres Chromozentrenbaues und zweier auffallender SAT-Chromosomen eine genaue Strukturanalyse ermöglichen (GEITLER 1938c). Es zeigt sich dabei, daß in den großen Kernen die Chromosomen pachynematisch, also als mit Chromomeren besetzte Chromonemata entwickelt sind; die proximalen Abschnitte besitzen, entsprechend ihrem heterochromatischen Bau, größere Chromomeren. Verschiedene Anzeichen sprachen zunächst dafür, daß diese Kerne nicht polyploid wären. Der Nachweis des Gegenteils ließ sich nun dadurch erbringen, daß die normalerweise teilungsunfähigen großen Kerne des Knollengewebes auf Wundreize hin bei der Bildung von Wundkork und auch spontan in der Umgebung durchbrechender Wurzeln sich mitotisch teilen, wobei, je nach der Kerngröße, Chromosomen in tetra-, okto- oder 16-ploider Zahl auftreten (INA GRAFL). Darüber hinaus ließ sich zeigen, daß die Polyploidie durch innere Teilung entstanden sein muß. In der Prophase der ersten nach der Verwundung auftretenden Mitosen erscheinen nämlich die Chromosomen in tetraploiden Kernen zu zweien, in oktoploiden zu vieren, in 16-ploiden zu acht in bündelartigen Gruppen (Fig. 9); jede Gruppe stellt die Abkömmlinge eines Chromosoms des diploiden Satzes dar (da somatische Paarung nach Art der Dipteren nicht vorhanden ist, entstehen nicht Bündel zu 4, 8 und 16 Chromosomen). In der späten Prophase lösen sich die Abkömmlinge voneinander, so daß eine Äquatorialplatte mit gleichmäßiger Chromosomenverteilung entsteht. In der Prophase der folgenden Mitosen fehlt daher auch die Gruppenbildung. Die Bündelung in der ersten Mitose beruht demnach nicht auf einer Anziehung im Sinn einer Paarung, sondern ergibt sich einfach daraus, daß die auseinander entstandenen Chromosomen beisammen liegen bleiben, wofür der Grund in der heterochromatischen Beschaffenheit ihrer proximalen Abschnitte liegt; tatsächlich sieht man die euchromatischen Chromosomenenden in den Chromozentren der Ruhekerne wie in der Prophase unregelmäßig ausstrahlen. Die heterochromatische „Verklebung" endomitotisch entstandener Chromosomen ist im übrigen keine Besonderheit von *Sauromatum*, sondern zeigt sich auch bei den Wanzen; wie ferner seit den Untersuchungen von HEITZ bekannt ist, können in diploiden Kernen auch nicht homologe Chromosomen Sammelchromozentren bilden; dementsprechend gibt es in den polyploiden Kernen von *Sauromatum* auch zusammengesetzte Gruppen. Im Fall des *Fehlens* von Heterochromatin würde in polyploiden Kernen die Gruppenbildung zweifellos ausbleiben; in diesem Sinne wäre der Bau der Antipodenkerne von *Aconitum* verständlich.

Daß die Polyploidie der Kerne von *Sauromatum* durch innere Teilung entsteht, ergibt sich nicht nur aus dem Verlauf der Prophase, sondern auch aus dem Fehlen von Kernfusionen oder ähnlichen Vorgängen während des Wachstums der Gewebe (GRAFL). Der Vorgang der inneren Teilung selbst konnte aber nicht beobachtet werden, so daß es ungewiß bleibt, ob die Kerne eine Veränderung

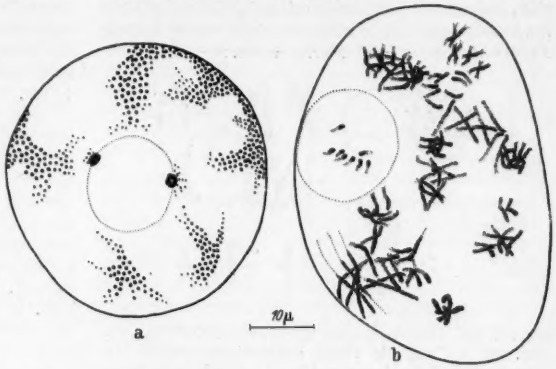


Fig. 9. *Sauromatum guttatum*. a) wahrscheinlich 16-ploider Ruhekern aus dem Grundgewebe der Knolle: eingezeichnet sind einige Chromozentren bzw. Sammelchromozentren, welche aus peripher liegenden Eu- und zentralen Heterochromomeren aufgebaut sind, und der Nukleolus mit den beiden „Trabanten", deren jeder aus 8 SAT-Chromosomen besteht. b) mittlere Prophase eines wie in a) abgebildeten Kerns: dargestellt ist nur ein Teil des Kerninhalts, und zwar am Nukleolus eine der beiden Gruppen von 8 SAT-Chromosomen, im übrigen Kernraum einige Achtergruppen anderer Chromosomen; die Chromosomen haben sich bereits etwas voneinander entfernt. — Alk.-Eis., Karminess., Orig. GRAFL.

nach Art der Wanzen-Endomitosen durchmachen oder ob die Chromosomenspaltung im scheinbar unveränderten „Ruhekern" erfolgt. Da die Chromosomen im Unterschied zu den Wanzen im Ruhekern weitgehend entspiralisiert sind, ist es wahrscheinlich, daß die Teilungen wie bei den Dipteren in diesem Zustand, also ohne äußerlich auffallende Veränderungen, ablaufen.

Polyploide Mitosen mit Gruppenbildung von Tochterchromosomen in der Prophase, die denen von *Sauromatum* sehr ähnlich sehen, konnte neuerdings LEVAN (1939) durch Wuchsstoffbehandlung in älteren Abschnitten der Wurzeln von *Allium* auslösen. Nach LEVAN ist diese Polyploidie erst *nach* der Behandlung mit Wuchsstoff in ursprünglich diploiden Kernen infolge des ausgelösten Zellwachstums entstanden. Die sich in der Prophase ähnlich verhaltenden Kerne von *Sauromatum* sind aber zweifellos nicht erst durch die Wirkung von Wundhormonen, sondern während des normalen

Gewebewachstums polyploid geworden. Dies ergibt sich daraus, daß 1. die Struktur der normalen Ruhekerne, im besonderen ihrer Trabanten, sich bis zur Prophase nicht verändert (die Trabanten enthalten von Anfang an ihrer Größe nach 2, 4 oder 8 SAT-Chromosomen), und daß 2. nach der Verwundung kein Zellwachstum erfolgt; die Zellen und Kerne treten also, wie sie sind, in Teilung ein. Das Zellwachstum unter innerer Teilung der Kerne, das sich bei *Allium* durch Wuchsstoff innerhalb eines kurzen Zeitraums auslösen läßt, erfolgt somit bei *Sauromatum* im Laufe eines längeren Zeitraums während des normalen Gewebewachstums.

Fassen wir das Bisherige zusammen, so ergibt sich, *daß sowohl bei Tieren wie bei Pflanzen Gewebe nach Abschluß der Teilungsperiode unter innerer Polyploidisierung der Kerne weiterwachsen.* Für

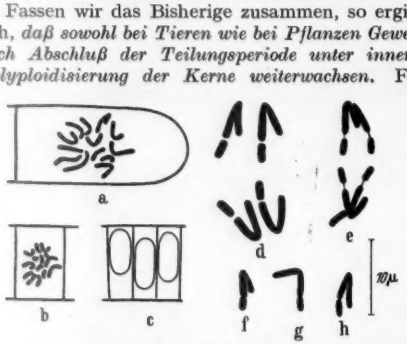


Fig. 10. a—c) spermatogene Fäden von *Nitella mucronata*. a) Spitzenzelle eines zweizelligen Fadens in Metaphase, b) Zelle eines 64zelligen Fadens in Metaphase (in beiden Fällen sind nicht alle Chromosomen zur Darstellung gebracht), c) drei Zellen mit Kernen eines fertiggestellten, 128zelligen Fadens. d—h) SAT-Chromosomen aus Anaphasen in verschiedenen Geweben von *Lathyrus vernus:* d) 7zelliger Embryo, e) etwa 40zelliger Embryo, f) Fruchtwand, g), h) Samenschale. — Alk.-Eis., Karminess.

die geschilderten Fälle ist dieser Tatbestand durch die morphologische Analyse unmittelbar nachgewiesen. Einige sich anschließende Probleme können vorläufig nur programmatisch behandelt werden.

Es fragt sich zunächst, in welcher Beziehung die durch die quantitative cytologische Forschung aufgestellte Lehre des rhythmischen Kernwachstums (JACOBJ, vgl. HERTWIG 1939a) zu den mitgeteilten Befunden steht. Zahlreiche Messungen der Kernvolumina in Geweben (hauptsächlich von Vertebraten) haben ergeben, daß die Volumina im Verhältnis 1 : 2 : 4 : 8 usw. stehen. Dies wäre unter dem Gesichtspunkte der Chromosomenvervielfachung leicht zu verstehen. Ein Beweis ist allerdings aus den Messungen allein nicht zu erbringen, um so mehr, als sich für viele Fälle zeigen läßt, daß das Kernvolumen nicht allein vom Chromosomengehalt, sondern wesentlich auch von der Menge des Kernsafts (und damit der Menge der Nukleolarsubstanz) bestimmt wird. So können sehr verschieden große Kerne die gleiche Chromatinmenge besitzen. Dies trifft z. B. für Sperma- und Eikern zu, die bei gleicher Chromosomenzahl und — wie sich in der 1. Furchungsmitose zeigt — gleicher Chromosomengröße nur verschieden viel extrachromosomale Substanz besitzen. Für die Schwesterkerne der ersten Pollenkornmitose der Angiospermen läßt sich zeigen, daß ihre verschiedene Größe nur auf verschieden starker Kernsaftbildung beruht (GEITLER 1935). Das gleiche gilt für die sehr verschieden großen, durchwegs diploiden Kerne im Gehirn der Wanzen, die zudem noch erkennen lassen, daß auch die Chromosomen selbst keine Größenveränderung erfahren (heterochromatische X- und Y-Chromosomen) oder bloß „zerstäubt" werden (die euchromatischen Autosomen) (GEITLER 1939a, b). Es ist danach nicht verwunderlich, daß Messungen von Kernvolumina im Sinn des rhythmischen Kernwachstums oft ganz undeutbare Zahlenreihen ergeben (vgl. BAUER 1937).

Ein endgültiges Verständnis kann also aus Kernvolummessungen allein kaum gewonnen werden. Dies zeigt auch der Umstand, daß die konsequente Verfolgung der Gedankengänge, die sich aus den Messungen ergeben, dahin geführt hat, sogar Oogonien-, Oocyten-, Furchungs- oder Spermatocytenkerne als „vielwertig", also exakt ausgedrückt, als polyploid zu betrachten (HERTWIG 1939b). Da diese Kerne aber zweifellos diploid bzw. haploid sind, mußte angenommen werden, daß die Chromosomen selbst „mehrwertig" wären. Dies würde also bedeuten, daß die Chromatiden nicht zwei (oder nach anderer Auffassung vier) Chromonemata, sondern ein Vielfaches dieser Zahl besäßen. Hierfür fehlt aber jeder Anhaltspunkt. Wenn z. B. HERTWIG meint, daß die sog. Chromatinelimination der Schmetterlinge eine Herabregulierung der vielwertigen Chromosomen bewirkt, so ist dem entgegenzuhalten, daß in der ausgeschiedenen Substanz keine Chromonemata verloren gehen, ja nicht einmal Chromatin enthalten ist (die Substanz ist feulgennegativ; vgl. auch COOPERS Angaben für die Milbe *Pediculopsis*). Auch die Deutung, daß die Größenabnahme von Chromosomen im Laufe von Mitosen ein Anzeichen dafür sei, daß die ursprünglichen Chromosomen mehrwertig waren, ist vorläufig nicht exakt beweisbar; die Furchungsmitosen des Mäuseeies und ähnliche Fälle, wo bei jeder Teilung das Kernvolumen auf die Hälfte herabgesetzt wird und die Chromosomen anscheinend entsprechend kleiner werden (HERTWIG 1939a), sind nur Sonderfälle, die sich dann ergeben, wenn während der Teilungen kein Cytoplasmawachstum erfolgt. In den spermatogenen Fäden von *Nitella* nimmt dagegen während der 7 Teilungen, die vom einzelligen zum 128-zelligen Faden führen, das Volumen der Chromosomen allmählich im Verhältnis von etwa 3,5 : 1 ab — wobei sich übrigens auch die Gestalt der Chromosomen ändert (Fig. 10a—c). Im Embryo von *Lathyrus vernus* sinkt das Chromosomenvolumen im Laufe vieler Teilungen ganz allmählich bis zu jener Größe, die allgemein für die älteren Gewebe dieser Pflanze

bezeichnend ist (Fig. 10d—h). Das eindringlichste Beispiel bieten aber wohl die Diatomeen, wo *im Laufe von vielen Tausenden von Teilungen das Volumen von 1 auf $^1/_2$ oder $^1/_3$ herabgesetzt wird* (die Abnahme bei jeder Teilung ist unmeßbar klein); bei der Auxosporenbildung wird aber das Ausgangsvolumen mit einem Sprung wieder hergestellt.

Von einer Halbierung, Vierteilung usw. des Chromosomenvolumens kann in allen diesen Fällen keine Rede sein, und die Deutung, daß größere Chromosomen vielwertig sind und nacheinander in ihre Einzelchromosomen zerfallen, ist daher auf sie nicht anwendbar.

Es ist in diesem Zusammenhang von Interesse, daß die Chromosomen der großen Kerne von *Sauromatum* nicht nur in polyploider Zahl vorhanden sind, sondern daß sie auch an sich größer als die der meristematischen Kerne sind (GRAFL). Übrigens treten auch in den ältesten Abschnitten der Teilungsgewebe diploide Kerne mit vergrößerten Chromosomen auf. Es zeigt sich also, daß das Kernwachstum nicht allein durch Chromosomenvermehrung, sondern auch durch Chromosomenwachstum erfolgt; letzteres tritt allerdings stark zurück.

Schwankungen der Chromosomengröße lassen sich auch phylogenetisch nachweisen. Nahe verwandte Arten haben nicht selten gleich aussehende und im wesentlichen homologe Chromosomen, die aber ein deutlich verschiedenes Volumen besitzen. So sind z. B. die Chromosomen von *Bulbine semibarbata* kürzer und dünner als die sonst gleichgebauten anderer Arten; es läßt sich wahrscheinlich machen, daß die Chromosomen im Laufe der phylogenetischen Entwicklung kleiner geworden sind (STRAUB).

Im ganzen ergibt sich, daß das Problem der Chromosomengröße noch ungelöst ist. Eine Vervielfachung der Chromonemata ist nirgends bewiesen — im Fall der Dipteren handelt es sich einfach um polyploide Kerne — und läßt sich oft, so z. B. für die Diatomeen, nicht einmal hypothetisch annehmen. Es scheint daher vorläufig ohne die Annahme nicht auszukommen zu sein, daß das Chromonema selbst wachstumsfähig ist und sich mit mehr oder weniger Substanz beladen kann; allerdings bereitet diese Annahme in Hinblick auf die derzeitigen theoretischen Vorstellungen vom mizellaren Feinbau der Chromonemata Schwierigkeiten (DARLINGTON, BAUER briefl.).

Für das Problem des Kernwachstums spielt die Chromosomengröße eine verschieden bedeutsame Rolle. Im Fall der Wanzen sind nennenswerte Volumenveränderungen der Chromosomen nicht vorhanden: sofern echtes Kernwachstum — nicht bloße Kernsaftvermehrung — vorliegt, beruht es auf endomitotischer Vervielfachung der Chromosomen. Im Fall von *Sauromatum* erfolgt daneben auch Chromosomenvergrößerung. Welche Ursachen den Fällen von bloß durch Messungen festgestelltem rhythmischem Kernwachstum zugrunde liegen, bleibt so lange fraglich, bis morphologische Analysen durchgeführt sind.

Jedenfalls zeigt sich schon jetzt, daß die Polyploidisierung in differenzierten Geweben kein Sonderfall der Insekten ist, sondern auch bei Pflanzen als regelmäßige Erscheinung auftritt. Wenn auch zunächst nur *Sauromatum* genau untersucht ist, so ergibt sich doch das übereinstimmende Verhalten auch anderer Pflanzen aus dem grundsätzlich übereinstimmenden Bau großer Kerne. So läßt sich der allein durch Wachstum entstandene Riesenkern des Endospermhaustoriums von *Arum maculatum* als hoch polyploid erkennen (GRAFL); das gleiche ergibt sich für die Kerne der haustorialen Suspensorzellen von *Lupinus polyphyllus* (unveröff.). Niedrige Polyploidiegrade, wie sie sich in den meisten ausdifferenzierten Geweben von *Sauromatum* finden, sind auch in den Wurzeln von *Spinacia* beobachtet worden.

Es steht somit fest, daß es bei Tieren und Pflanzen *zwei Arten des Gewebeaufbaues gibt: die einen Gewebe bleiben diploid und wachsen unter Zellteilung, die anderen wachsen unter innerer Teilung durch Zellvergrößerung ohne Zellteilung.* Zwischentypen finden sich insofern, als niedrigpolyploide Gewebe sich mitotisch teilen können (tetraploides Binde- und Fettgewebe der Odonaten, vgl. OKSALA). Einen bemerkenswerten, offenbar mit der indirekten Entwicklung in unmittelbarem Zusammenhang stehenden Sonderfall bildet das Hinterdarmepithel der Dipteren, das bis zur Verpuppung allein durch innere Teilung wächst, in der Puppe aber unter Teilungen ohne Chromosomenvermehrung sich in di- und tetraploide Zellen zerteilt (BERGER).

Welche Bedeutung der Polyploidie zukommt, läßt sich im jetzigen Zeitpunkt, wo eine neue, zunächst deskriptive Erforschung der Gewebe zu erfolgen hat, kaum sagen. Es scheint, daß vor allem lebhaft trophisch funktionierende Zellen bzw. Kerne hochgradig polyploid werden; doch gilt dies z. B. nicht für das Mitteldarmepithel der Wanzen und vermutlich nicht für viele Nektarien der Pflanzen. Bei den Vertebraten scheint allgemein das Prinzip des Aufbaues von Geweben und Organen aus vielen diploiden oder niedrig polyploiden Zellen vorzuherrschen, während bei den Insekten vielfach wenigzellige, aber hoch polyploide Organe vorkommen. Es dürften also *Organisationsmerkmale* wesentlich mitspielen. Für ein näheres *physiologisches* Verständnis wäre die Feststellung besonders wichtig, in welchem Verhältnis das Kernvolumen und damit die Kern*oberfläche* zum Chromosomengehalt steht; denn von der Größe der Oberfläche hängt wesentlich das Zusammenwirken von Plasma und Kern bzw. die Wirksamkeit der Gene ab. Hieran knüpft sich unmittelbar die Frage nach der Bedeutung der Amitose — die sich vermutlich als eine modifizierte Endomitose wird erkennen lassen. Diese Andeutungen zeigen, welche Fülle von Problemen noch der Bearbeitung harrt.

Literatur.

H. BAUER, Der Aufbau der Chromosomen aus den Speicheldrüsen von Chironomus Thummi. Z. Zellforsch. **23** (1935) — Cytologie. Fortschr. Zool. **1** (1937) — Die polyploide Natur der Riesenchromosomen. Naturwiss. **26** (1938). — C. A. BERGER, Multiplication and reduction of somatic chromosome groups usw. Carnegie Inst. Wash. Publ. **1938a**, Nr 496 — Prophase chromosome behavior in the division of cells with multiple chromosome complexes. J. of Hered. **29** (1938b). — K. W. COOPER, The nuclear cytology of the grass mite Pediculopsis usw. Chromosoma **1** (1939). — C. D. DARLINGTON, Recent advances in cytology. 2. Aufl. London 1937. — S. L. FROLOWA, Normale und polyploide Chromosomengarnituren bei einigen Drosophila-Arten. Z. Zellforsch. **3** (1926) — Die Polyploidie einiger Gewebe bei Dipteren. Z. Zellforsch. **8** (1929) — Development of the giant nuclei usw. Biol. Z. **1938**. — L. GEITLER, Beobachtungen über die erste Teilung im Pollenkorn der Angiospermen. Planta (Berl.) **24** (1935) — Die Analyse des Kernbaus und der Kernteilung der Wasserläufer Gerris usw. Z. Zellforsch. **26** (1937) — Über den Bau des Ruhekerns mit besonderer Berücksichtigung der Heteropteren und Dipteren. Biol. Zbl. **58** (1938 a) — Die Entstehung der polyploiden somatischen Zellkerne bei Heteropteren. Naturwiss. **26** (1938 b) — Über das Wachstum von Chromozentrenkernen und zweierlei Heterochromatin bei Blütenpflanzen. Z. Zellforsch. **28** (1938 c) — Die Entstehung der polyploiden Somakerne der Heteropteren durch Chromosomenteilung ohne Kernteilung. Chromosoma **1** (1939 a) — Das Heterochromatin der Geschlechtschromosomen bei Heteropteren. Chromosoma **1** (1939 b). — G. GENTSCHEFF u. A. GUSTAFSSON, The double chromosome reproduction in Spinacia and its causes. Hereditas **25** (1939). — I. GRAFL, Kernwachstum durch Chromosomenvermehrung als regelmäßiger Vorgang bei der pflanzlichen Gewebedifferenzierung. Chromosoma **1** (1939) (im Druck). — E. HEITZ u. H. BAUER, Beweise für die Chromosomennatur der Kernschleifen in den Knäuelkernen von Bibio hortulanus. Z. Zellforsch. **17** (1933). — E. HEITZ, Die Herkunft der Chromozentren. Planta (Berl.) **18** (1932). — G. HERTWIG, Der Furchungsprozeß des Mäuseeies, ein Beispiel für die wiederholte Volumenhalbierung polymerer Kerne und Chromosomen durch multiple Succedanteilungen. Z. mikrosk.-anat. Forsch. **45** (1939 a) — Abweichungen von dem Verdoppelungswachstum der Zellkerne und ihre Deutung. Erg.-H. Anat. Anz. **87** (1939 b). — H. JACHIMSKY, Zur Zytologie der Riesen-Antipodenkerne. Planta (Berl.) **26** (1937). — W. JACOBJ, Über das rhythmische Wachstum der Zellen durch Verdoppelung ihres Volumens. Arch. Entw.mech. **106** (1935). — A. LEVAN, The effect of colchicine on root mitoses in Allium. Hereditas **24** (1938) — Cytological phenomena connected with the root swelling caused by growth substances. Hereditas **25** (1939). — A. LORZ, Cytological investigations in five chenopodiaceous genera usw. Cytologia **8** (1937). — T. OKSALA, Über Tetraploidie der Binde- und Fettgewebe bei den Odonaten. Hereditas **25** (1939). — T. PAINTER, A new method for the study of chromosome rearrangements and the plotting of chromosome maps. Science (N. Y.) **1933**. — T. PAINTER u. A. B. GRIFFEN, The origin and structure of salivary gland chromosomes of Simulium virgatum. Genetics **22** (1937). — A. R. SANDERSON, The cytology of parthenogenesis in Tenthredinidae. Genetica **14** (1932). — J. STRAUB, Die Cytologie einiger Bulbine-Arten. Ber. dtsch. bot. Ges. **56** (1938).

Stereo-Übermikroskopie mit dem Universal-Elektronenmikroskop*).

Von MANFRED VON ARDENNE, Berlin.

Eine der wichtigsten Voraussetzungen bei der Aufnahme von Stereobildern besteht darin, daß das benutzte optische System alle Raumebenen des Objektes mit guter Schärfe abbildet. In der Lichtmikroskopie ließ sich diese Voraussetzung gerade für die Erforschung von Strukturen, die an der Grenze des Auflösungsvermögens liegen, nicht erfüllen, weil die Immersionsobjektive infolge ihrer hohen Aperturen zwangsläufig eine sehr geringe Tiefenschärfe besitzen. So hat die stereoskopische Methode hier nur eine untergeordnete Bedeutung erlangen können. Meist hat man sich damit helfen müssen, den wahren räumlichen Aufbau der Objekte aus einer Vielzahl von Objektschnitten oder durch Reihenaufnahmen bzw. Reihenbeobachtungen mit stufenweise geänderter Scharfstellung zu rekonstruieren. Das Elektronenmikroskop erfüllt dagegen die obige Voraussetzung in fast idealer Weise und bietet somit die Möglichkeit, aus einem einzigen stereoskopischen Doppelbild den räumlichen Aufbau des Objektes bei für alle Raumebenen höchster Bildschärfe sichtbar zu machen[1]). Die Tiefenschärfe gibt zahlenmäßig die Ausdehnung des mit größter Schärfe abgebildeten Bereiches in Richtung der Mikroskopachse an.

Unter *Tiefenschärfe* sei diejenige Strecke in Millimetern verstanden, um die das Objekt in Richtung der optischen Achse verschoben werden kann, bis die durch die Verschiebung entstehende Bildunschärfe (Zerstreuungskreis) gleich dem Auflösungsvermögen des Mikroskopes wird. Aus dieser Definition ergibt sich die Tiefenschärfe zu

$$T = \frac{2 \cdot f \cdot d}{D}.$$

Hierin bedeutet D den wirksamen Objektivdurchmesser, f die Objektivbrennweite und d das Auflösungsvermögen. Beispielsweise folgt für ein wirksames Öffnungsverhältnis D/f des Objektives von $3 \cdot 10^{-3}$ und ein Auflösungsvermögen von $3 \cdot 10^{-6}$ mm, daß eine Objektausdehnung von $2\,\mu$ in Richtung der Mikroskopachse mit höchster Schärfe abgebildet wird. Das ist etwa auch der Durchmesser des Gesichtsfeldes, den ein Mikroskop des zugrunde gelegten Auflösungsvermögens besitzt. Zur Gewinnung der stereoskopischen Teilbilder bestehen verschiedene Wege, die im folgenden besprochen werden sollen.

*) Eingegangen am 21. Februar 1940.

[1]) M. VON ARDENNE, Ergebnisse einer neuen Elektronen-Übermikroskopanlage. Naturwiss. **28**, H. 8, 113 (1940).

Verschiedene Wege zur Gewinnung stereoskopischer Teilbilder bei Elektronenmikroskopen.

Für das Zustandekommen einer stereoskopischen Beobachtung ist es bekanntlich notwendig, ein und dasselbe Objekt von zwei verschiedenen Richtungen aus abzubilden. Die so erhaltenen Teilbilder werden nachher im Stereoskop zu einem räumlich erscheinenden Bilde vereinigt. Durch Anwendung elektrischer oder magnetischer *Doppelobjektive*, wie sie vom Verfasser für die Zwecke der Elektronen-Mikrooszillographen[2]) entwickelt worden sind, läßt sich das lichtoptische Stereomikroskop nachbilden. Durch geeignete Führung des Strahlenganges in Verbindung mit Hilfsablenkfedern dürfte es sogar gelingen, ein Doppel-Elektronenmikroskop zu bauen, bei dem durch Fluoreszenzschirmbeobachtung mit Hilfe eines Stereoskopes unmittelbar ein Raumbild des Objektes sichtbar wird. Ein einfacherer, schon in der Lichtmikroskopie[3]) häufiger beschrittener Weg zur Gewinnung stereoskopischer Teilbilder von ihre Struktur nicht ändernden Objekten besteht darin, die Teilbilder zeitlich nacheinander mit einem einzigen Mikroskopsystem aufzunehmen, jedoch so, daß zwischen den beiden Aufnahmen eine *Schwenkung des Objektes* relativ zum Strahlengang vorgenommen wird[4]. Infolge der hohen Vergrößerung genügen schon durch die Schwenkung bedingte seitliche Objektauswanderungen von nur 10^{-4} mm, um das Gesichtsfeld kritisch zu verlagern. Da andererseits selbst bei sorgfältigster mechanischer Ausbildung der Objektschwenkeinrichtung die unvermeidlichen Auswanderungen einige Größenordnungen höher liegen, konnte dieser Weg erst dann zu praktischen Ergebnissen führen, als gleichzeitig eine Objektverstellung zur Nachjustierung des Gesichtsfeldausschnittes vorgesehen wurde.

Eine primitive Methode, um die erforderlichen Objektneigungen und Objektlagen herbeizuführen, wird durch die Zeichnung Fig. 1 angedeutet. Hier befindet sich der Objektträger geneigt in der Objektpatrone, wobei die Bohrung in der letzteren so ausgeführt ist, daß die Durchtrittsöffnung der Objektträgerblende genau in der optischen Achse liegt. Nach Aufnahme des ersten Teilbildes wird die Objektpatrone ausgeschleust und ebenso wie der Objektträger selbst um 180° gedreht wieder eingesetzt. Es resultiert dann eine Schwenkung des Objektträgers und damit des Objektes um den eingezeichneten Schwenkungswinkel. Dieser Weg hat den Nachteil, daß das Objekt zwischen zwei Aufnahmen wieder an Luft gebracht werden muß, wo es sich leicht verändern kann (Wasseraufnahme, Aggregation von Teilchen, Reißen von Folien usw.). Er dürfte jedoch vorübergehend bei den verschiedenen bekannten Übermikroskopkonstruktionen ohne

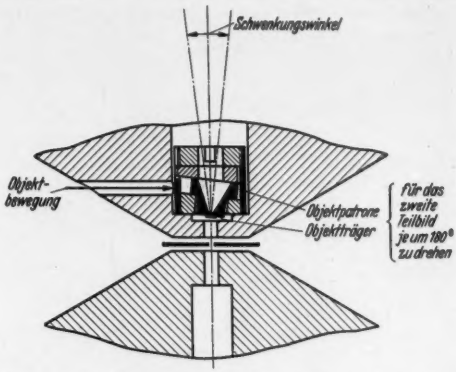


Fig. 1. Objektpatrone mit geneigter Auflage des Objektträgers zur behelfsmäßigen Herstellung je eines stereoskopischen Teilbildes.

Stereoeinrichtung gute Dienste leisten, da er ohne konstruktive Umgestaltung der Hauptoptik beschritten werden kann.

Wesentlich vorteilhafter ist die durch Fig. 2 charakterisierte Anordnung, bei der die Objekt-

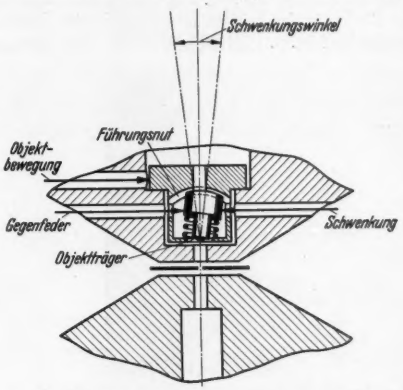


Fig. 2. Objektschwenkeinrichtung zur Herstellung stereoskopischer Teilbilder.

schwenkung unter Vakuum vorgenommen werden kann. Diese schon in der oben zitierten Arbeit[1]) kurz beschriebene Einrichtung beruht darauf, daß die Objekthalterung auf einer zylindrischen oder sphärischen Gleitfläche verschoben wird, deren Krümmungsmittelpunkt mit der Bohrung der Objektträgerblende zusammenfällt.

[2]) M. VON ARDENNE, Der Elektronen-Mikrooszillograph. Hochfrequenztechnik u. Elektroakustik 54, H. 6, 181 (1939).

[3]) L. E. W. VAN ALBADA. Handb. d. wiss. u. angew. Photographie 6, Teil 1. 1931, S. 52, Abb. 68. Wien, Verlag Julius Springer.

[4]) Diese Erkenntnis findet sich beiläufig schon in einer älteren Patentbeschreibung erwähnt: E. RUSKA, DRP 659092 vom 12. XII. 1934.

Die Stereoeinrichtung des Universal-Elektronenmikroskopes.

Als erstes Elektronenmikroskop ist das Universal-Elektronenmikroskop des Verfassers[5]) mit einer Einrichtung zur Herstellung stereoskopischer Teilbilder versehen worden. Die Einrichtung arbeitet nach dem in Fig. 2 angedeuteten Prinzip. Die Außenansicht des Stereo-Objektiveinsatzes vermittelt Fig. 3. Mit Hilfe eines Drehknopfes kann bei arbeitendem Instrument jeder beliebige Objektschwenkungswinkel bis zu $\pm 6°$ herbeigeführt werden. Die jeweils eingestellte Objektträgerneigung ist an dem mit einer Teilung versehenen Antriebsknopf ablesbar. Die seitliche Auswanderung des beobachteten Objektausschnittes ist so gering, daß schon kleine Nachstellungen der Objektbewegung genügen, um den alten Objektausschnitt wiederherzustellen. Die Kamera des Mikroskopes ist so konstruiert, daß die zwei mikroskopischen Teilbilder zusammen auf eine $4^1/_2 \times 6$-cm-Schumann-Platte aufgenommen werden.

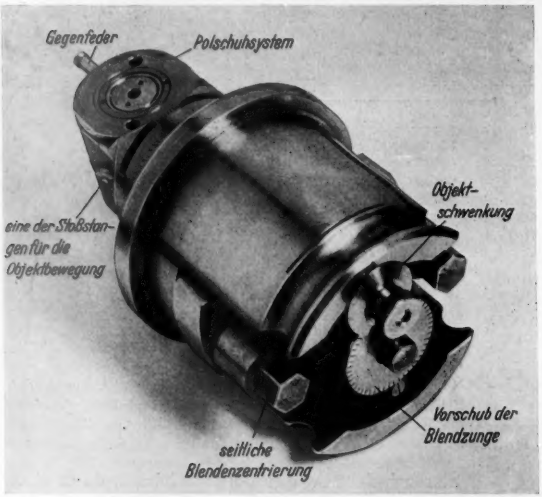


Fig. 3. Stereo-Objektiveinsatz des Universal-Elektronenmikroskops.

Praktische Ergebnisse.

Vier verschiedene Stereobilder von charakteristischen Objekten sind in den Fig. 4, 5, 6 und 7 gebracht. Die verschiedenen Daten der Aufnahmen finden sich in den Bildunterschriften. Die Bilder sind so bemessen, daß sie in normalen handelsüblichen Stereoskopen[6]) angesehen werden können. Stereobilder von Bakterien, Chromosomensträngen, Diatomeen usw. wird der Verfasser im Rahmen eines demnächst erscheinenden Buches (Elektronen-Übermikroskopie, Verlag Springer) veröffentlichen. Gerade das über Lupen betrachtete Stereobild verlangt höchste Bildschärfe. Auflösungsvermögen und Übergangsschärfe liegen bei den Originalabzügen dieser Stereobilder bei Werten zwischen 2 und $4 \cdot 10^{-2}$ mm. Selbst bei den feinsten Druckrastern liegen die entsprechenden Werte etwa eine Größenordnung höher, so daß die Reproduktion derselben im Druck nur eine sehr mangelhafte Orientierung über die tatsächlich erhaltene Raumbildqualität geben kann.

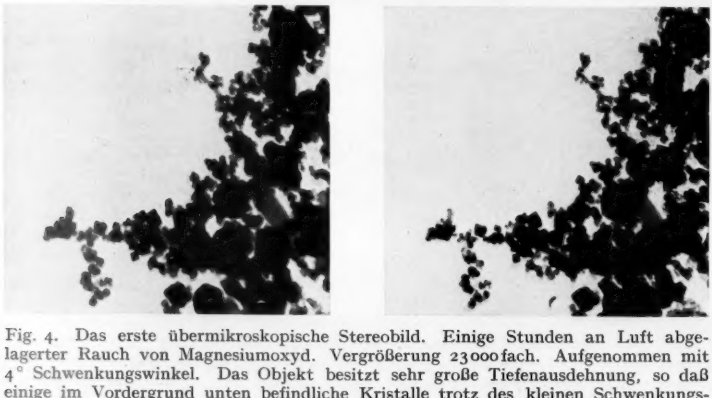


Fig. 4. Das erste übermikroskopische Stereobild. Einige Stunden an Luft abgelagerter Rauch von Magnesiumoxyd. Vergrößerung 23000fach. Aufgenommen mit 4° Schwenkungswinkel. Das Objekt besitzt sehr große Tiefenausdehnung, so daß einige im Vordergrund unten befindliche Kristalle trotz des kleinen Schwenkungswinkels nur mit großer Augenanstrengung zur Deckung gebracht werden können.

Ein annähernd geometrisch ähnliches Raumbild von der Objektstruktur entsteht bei der Mikrostereophotographie nur dann, wenn der Schwenkungswinkel gleich dem Betrachtungswinkel des benutzten Stereoskopapparates wird[7]).

Durch Vergrößerung des Schwenkungswinkels gegenüber dem Betrachtungswinkel wird die Tiefenausdehnung des Objektes im Verhältnis der Winkelwerte scheinbar gesteigert und umgekehrt. Bei Betrachtung feinster Objekte

[5]) M. VON ARDENNE, Über ein Universal-Elektronenmikroskop für Hellfeld-, Dunkelfeld- und Stereobildbetrieb. Z. Physik 115, H. 5/6, 339 (1940).

[6]) Z. B. ZA-Taschenstereoskop 6 · 13 cm von Zeiss.

[7]) Vgl. L. E. W. VAN ALBADA, l. c. Seite 53.

auf Folien kann es zweckmäßig sein, den Schwenkungswinkel gegenüber dem normalen Winkel von etwa 12° zu vergrößern. Schon bei den im Rahmen dieser Veröffentlichung gebrachten Aufnahmen von Metalloxydrauchen bereitet bei einigen im Vordergrunde befindlichen Partikeln die Konturenvereinigung Schwierigkeiten, obwohl diese Bilder bereits mit einem auf 4° herabgesetzten Schwenkungswinkel gewonnen wurden. Wenn man annimmt, daß ein in 30 cm Augenabstand befindliches Objektiv noch in einer Tiefenausdehnung von 100 mm mühelos betrachtet werden kann, so folgt daraus, daß die bei 12° Schwenkungswinkel *zulässige Tiefenausdehnung des Objektes*

$$z = \frac{100}{V}\ \text{mm}$$

wird, wobei V die Gesamtvergrößerung (Produkt aus elektronenoptischer Vergrö-

Fig. 5. Zinkoxydkristalle aus dem Rauch einer Bogenentladung zwischen Zinkelektroden. Vergrößerung 31000fach. Aufgenommen mit 4° Schwenkungswinkel. Auch dieses Objekt besitzt sehr große Tiefenausdehnung. Die sehr eigenartige Form der feinsten Kristallpartikel und der ganze räumliche Aufbau der sich aus ihrer Aneinanderreihung ergebenden Ketten werden erst durch das Stereobild offenbart.

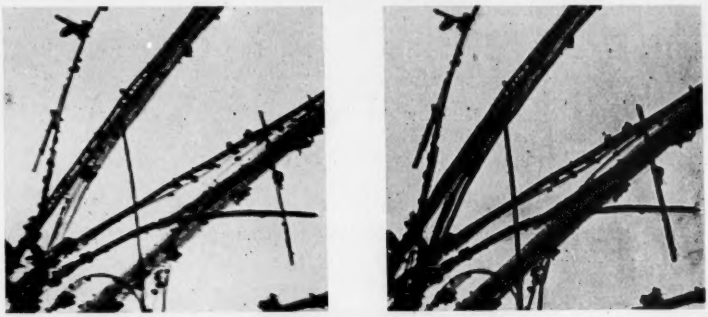


Fig. 6. Stereoaufnahme eines unbenutzten Palladiumasbest-Katalysators. Vergrößerung 30000fach. 6° Schwenkungswinkel. Dieses Bild enthüllte die überraschende Tatsache, daß Asbest aus feinsten (z. Teil nur 30 AE dicken) Bändern besteht, die sich vielfach aufspalten. Verschiedene Eigenschaften des Asbests finden durch dieses Raumbild ihre Erklärung.

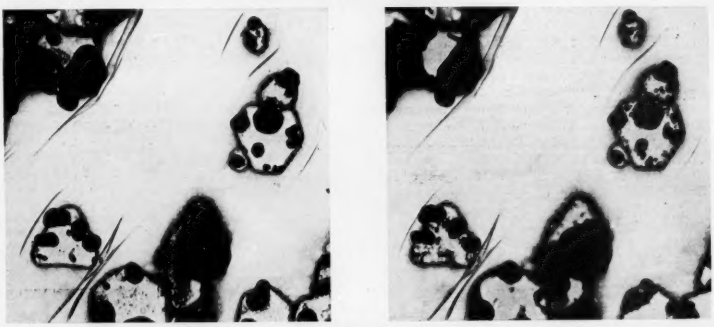


Fig. 7. Belichtete, unentwickelte Bromsilberkörner auf einer Kollodiumhaut. Vergrößerung 25000fach. 4° Schwenkungswinkel. Das linke Teilbild ist später aufgenommen. Die Veränderungen an den Bromsilberkörnern infolge der längeren Elektronenein wirkung werden, ähnlich wie bei einem Stereokomparator, sofort wahrgenommen. Erst durch das Raumbild ist zu erkennen, daß die schwarzen Silberaggregate aus den Bromsilberkörnern nahezu senkrecht herausgewachsen sind. Zum Teil erreichen diese Aggregate eine Höhe, die kaum geringer ist als der Durchmesser der Bromsilberkörner. Sehr schön ist auf diesem Bilde auch zu sehen, wie unter dem Gewicht der Bromsilberkörner die Kollodiumhaut an einigen Stellen nachgegeben hat und Falten bildet.

ßerung, optischer Nachvergrößerung und Lupenvergrößerung) ist. Für eine Stereobildvergrößerung von beispielsweise 25000fach und eine Lupenvergrößerung von $2^1/_2$ folgt somit für die ohne Augenanstrengung erkennbare Tiefenausdehnung des Objektes ein Wert $z = 1{,}6\ \mu$. Dieser Wert hat also etwa die gleiche Größe wie die Tiefenschärfe des Elektronenmikroskopes. Für noch stärker ausgedehnte Objekte muß der Schwenkungswinkel wie bei den Stereobildern der Metalloxydrauche künstlich herabgesetzt werden.

Die Stereobilder verlangen ein wesentlich sichereres und stabileres Arbeiten des Instrumentes als einfache Bilder, weil nur dann Raumbilder höchster Qualität erhalten werden, wenn *zwei* völlig gleichwertige Einzelaufnahmen bester Schärfe zur Verfügung stehen. — Die im Rahmen dieser Arbeit wiedergegebenen ersten übermikroskopischen Stereobilder mögen genügen, um die Leistungsfähigkeit der besprochenen Methode sowie der benutzten Anordnungen bei der Erforschung unbekannter Objektstrukturen zu veranschaulichen. Das Stereobild Fig. 7 soll darüber hinaus zum Ausdruck bringen, daß die gleichen Mittel auch vorzüglich geeignet sind, um wie bei einem Stereokomparator die *Auffindung von Veränderungen des Objektes* zu erleichtern. Bei diesem letzten Bilde ist zuerst das rechte Teilbild und sodann das linke Teilbild aufgenommen worden, so daß bei dem linken Teilbild die Bromsilberkörner eine etwas längere Zeit der Elektronenstrahlung ausgesetzt gewesen sind. Wir sehen daher neben den durch die Parallaxe verursachten Bildunterschieden zugleich die Veränderungen der Bromsilberkörner infolge der längeren Bestrahlung.

Im Interesse schneller Einführung des Stereoprinzips in die Übermikroskopie wäre es zu begrüßen, wenn bei anderen Elektronenmikroskopen möglichst bald ebenfalls die sehr einfachen Stereovorrichtungen eingebaut werden würden. Unterlagen hierzu hat der Verfasser vor etwa zwei Monaten auch schon in der an erster Stelle zitierten Arbeit gegeben.

Durch das neue Verfahren der Stereo-Übermikroskopie wird der unmittelbare räumliche Einblick in Dimensionen vermittelt, die drei Größenordnungen unter denjenigen liegen, die bisher mit den binokularen Stereo-Lichtmikroskopen gesehen werden konnten.

Die deutsche Forschungsgemeinschaft hat die Schaffung des bei der vorliegenden Arbeit benutzten Universal-Elektronenmikroskopes durch Bereitstellung von Mitteln entscheidend gefördert. Dem Direktor des Kaiser Wilhelm-Institutes für physikalische Chemie und Elektrochemie, Herrn Professor THIESSEN, dankt der Verfasser für das besondere der Arbeit entgegengebrachte Interesse.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Zur Konstitution der alkalischen Phosphatasen.

Wir zeigten in früheren Mitteilungen, daß es im tierischen Organismus zwei Phosphatasen gibt, deren Aktivitätsoptimum beim p_H 9 liegt und die sich deutlich unterscheiden durch ihr Verhalten gegen Mg-Ionen und KCN[1, 2]).

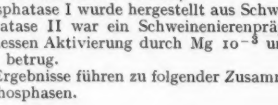
Hierauf untersuchten wir die Beeinflussung der Aktivität dieser alkalischen Phosphatasen I und II durch eine größere Zahl von Metallionen (38) und von Anionen, welche mit Metallen wenig dissoziierte Verbindungen bilden.

Versuchsanordnung war wie früher[1, 2]). 1 Stunde Hydrolyse bei 38°, p_H 9,0, Na-β-Glycerophosphat 10^{-2} M, Puffer Acetat-Veronal. Die Enzymmenge wurde so gewählt, daß, in Gegenwart von Mg 10^{-2} M, ungefähr gleiche Spaltungen erzielt wurden: wässeriger Auszug von 200 γ Trockenpulver im Falle der Phosphatase I und von 1,3 γ im Falle der Phosphatase II in 1 ccm (Abspaltung von etwa 9 γ P in 1 ccm während 1 Stunde).

Die Phosphatase I wurde hergestellt aus Schweineleber[3]). Die Phosphatase II war ein Schweinenierenpräparat nach ALBERS[4]), dessen Aktivierung durch Mg 10^{-3} und 10^{-2} M etwa 100% betrug.

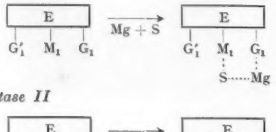
Unsere Ergebnisse führen zu folgender Zusammensetzung für diese Phosphasen.

Phosphatase I

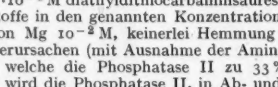


Phosphatase II

a)



und b)



S ist das Substrat. Durch E wird die Eiweißkomponente des Enzyms bezeichnet. Möglicherweise ist sie identisch oder zumindest nahe verwandt in den beiden Phosphatasen und veranlaßt deswegen das gleiche p_H-Optimum.

M_1 und M_2 sind zwei voneinander und von Mg verschiedene Metalle. Diese Annahme gründet sich darauf, daß die Phosphatase I, in Anwesenheit von Mg 10^{-2} M, weitgehend gehemmt wird durch 10^{-3} M 1, 2, 4. Aminonaphtholsulfonsäure (70% Hemmung), $10^{-3,5}$ M $K_3Fe(CN)_6$(45%), 10^{-2} M KF (75%), $3 \cdot 10^{-3}$ M diäthyldithiocarbaminsaures Na (80%), weil diese Stoffe in den genannten Konzentrationen, in Anwesenheit von Mg 10^{-2} M, keinerlei Hemmung der Phosphatase II verursachen (mit Ausnahme der Aminonaphtholsulfonsäure, welche die Phosphatase II zu 33% hemmt). Andererseits wird die Phosphatase II, in Ab- und Anwesenheit von Mg 10^{-2} M, sehr weitgehend oder vollständig gehemmt durch 10^{-2} M KCN (95—100proz. Hemmung mit und ohne Mg 10^{-2} M), 10^{-2} M Cystein (95—100% mit und ohne Mg 10^{-2} M), 10^{-3} M Na_2WO_4 (95—100% mit und ohne Mg 10^{-2} M), 10^{-3} M o. Phenantrolin (ohne Mg 50%, mit Mg 10^{-2} M 40% Hemmung), weil diese Stoffe in den genannten Konzentrationen die Wirkung der Phosphatase I keineswegs oder höchstens zu 10—15% beeinflussen.

M ist ebenfalls ein Metall, an Enzym durch die Gruppe G fest gebunden.

Das Verhältnis der Form a) zu der Form b) der Phosphatase II bestimmt die veränderliche Aktivierbarkeit[1]) dieser Phosphatase durch Mg.

G_1, G_1', G_2, G_2' sind Gruppen, welche Metalle zu binden vermögen. G_1 und G_2 binden die aktivierenden Ionen. Diese Gruppen sind in den beiden Enzymen verschieden. Zunächst wird G_1 nicht gesättigt durch Mg 10^{-2} M oder Mn 10^{-3} M,

weil bereits Mg 10^{-3} M und Mn 10^{-4} M G_2 zu sättigen imstande sind. Weiter ist mit Co im Falle der Phosphatase I kaum 15 % der Aktivität mit Mg 10^{-2} M zu erreichen, und Ni aktiviert gar nicht. Demgegenüber aktivieren Mg, Mn, Co und Ni, obwohl in verschiedener Konzentration, die Phosphatase II in etwa dem gleichen Maße. Die Affinität zu G_2 fällt ab der Reihe Ni>Co>Mn>Mg nach. Denn mit Ni 10^{-5} M, Co 10^{-4} M, Mn 10^{-3} M erhält man die gleiche Aktivität in Ab- und Anwesenheit von Mg 10^{-2} M.

Gewisse Metallionen hemmen, in Anwesenheit von Mg 10^{-2} M, die Phosphatase I weitgehend oder völlig in Konzentrationen, welche II nicht oder kaum (höchstens 10 %) beeinflussen. Zum Beispiel 10^{-4} M Ag (96 % Hemmung), 10^{-5} M Hg (74 %), 10^{-3} M La (89 %), 10^{-3} M Ce (65 %). Andere Metalle hemmen II sehr weitgehend in Konzentrationen, welche I kaum beeinflussen, z. B. 10^{-3} M $VO^{\cdots}$ (86 % Hemmung in Ab- und 93 % in Anwesenheit von Mg 10^{-2} M).

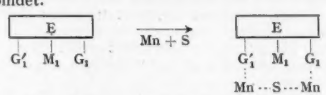
Es gelingt nicht, alle diese Hemmungen zu interpretieren durch die Annahme einer Bindung an G_1 oder G_2. Zum Beispiel im Falle der Phosphatase I: (Die Ziffern stellen relative Spaltungen dar)

$MgSO_4$ O			$MgSO_4$ 10^{-2}		
$HgCl_2$	10^{-5}	2	$HgCl_2$	10^{-5}	26
	10^{-4}	2		10^{-4}	26

Die Hemmung durch Hg 10^{-5} M wird also nicht erhöht durch eine zehnfache Erhöhung der Hg-Ionen-Konzentration. Die Gruppe, welche Hg bindet, ist demnach bereits gesättigt durch 10^{-5} M Hg. Wäre Hg an G_1 gebunden, so wäre die Aktivität in Anwesenheit von Hg 10^{-5} oder 10^{-4} M gleich in Ab- und Anwesenheit von Mg 10^{-2}, da Mg eine völlige Verdrängung an G_1 erleiden würde. Wir sind demnach gezwungen zur Annahme einer Gruppe G_1'.

Eine gleiche Annahme drängt sich auf im Falle der Phosphatase II. Bindung an G_2 führt hier zu Verdrängung des Mg und mithin zu einer Herabsetzung der Aktivierung. Dies ist der Fall für 10^{-3} M Cd: Spaltung ohne Mg = 4,1 (12 % Hemmung); Spaltung mit Mg 10^{-2} M = 4,2 (52 % Hemmung). Demgegenüber bleibt mit Zn 10^{-4} M (83 % Hemmung in Ab- und Anwesenheit von Mg 10^{-2} M) und mit Pt 10^{-3} M (40 % Hemmung in Ab- und Anwesenheit von Mg 10^{-2} M) die Aktivierbarkeit durch Mg 10^{-2} M unverändert.

Wenn die Phosphatase I durch Mn aktiviert wird, so wird die Hemmung mit KF 10^{-2} M aufgehoben[2]). Ebenso wird die Hemmung mit Be — wie Hg an G_1' gebunden — durch Mn aufgehoben. Es scheint also, daß das Mn die Funktion von M_1 zu übernehmen vermag und sich zugleich an G_1' bindet.



Diese Möglichkeit soll, zumindest für Mn, in weit geringerem Maße bestehen mit der Phosphatase II. So wird die Hemmung dieser Phosphatase durch KCN 10^{-2} M nur zu etwa 10 % durch Mn 10^{-2} M aufgehoben[2]).

Die vorangehende Auffassung der Konstitution der alkalischen Phosphatasen erlaubt eine Erklärung der auseinander gehenden Befunde von H. Albers[5]) und D. Albers[6]). Es gelang H. Albers, die alkalische Phosphatase, nach Albers aus Schweinenieren hergestellt[4]), aufzuspalten in ein Apoferment und ein Coferment, welche sich in langsamer Reaktion wieder zum Holoferment ergänzen können. D. Albers trennte durch Dialyse von einem gleichen Fermentpräparat ein Coferment (nicht Mg) ab, das sich unmittelbar mit dem Apoferment vereinigen konnte. Der obigen Struktur nach ist es wahrscheinlich, daß H. und D. Albers verschiedene Gruppen vom Ferment abtrennten.

Diese Konstitution erlaubt weiter die Existenz anderer Formen von alkalischen Phosphatasen als die zwei bisher besprochenen. So fand O. Bodansky[7]), daß die Knochenphosphatase weitgehend gehemmt wird durch Gallensäuren, während die Darmphosphatase hierdurch keine Hemmung erfährt. Diese Phosphatasen gehören jedoch beide zum Typus alkalische Phosphatase II[1]).

Möglicherweise ist in den beiden Phosphatasen ein verschiedenes M_2 enthalten.

Wahrscheinlich haben die „sauren" Phosphatasen analoge Struktur. Die große Verschiedenheit dieser Gruppe von Phosphatasen wird hierdurch verständlich. Das verschiedene p_H-Optimum wird vielleicht bedingt durch eine verschiedene Eiweißkomponente[5]).

Eine ausführliche Mitteilung wird später an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Gent (Belgien), Laboratorium der Klinik für kleine Haustiere der Universität, den 17. März 1940. R. Cloetens.

[1]) R. Cloetens, Enzymologia 6, 46 (1939).
[2]) R. Cloetens, Naturwiss. 27, 806 (1939).
[3]) R. Cloetens, Enzymologia 7, 157 (1939).
[4]) H. u. E. Albers, Hoppe-Seylers Z. 232, 189 (1935).
[5]) H. Albers, E. Beyer, A. Bohnenkamp u. G. Müller, Ber. dtsch. chem. Ges. 71, 1913 (1938).
[6]) D. Albers, Hoppe-Seylers Z. 261, 43 u. 269 (1939).
[7]) O. Bodansky, J. of biol. Chem. 118, 341 (1937).

Versuche mit radioaktivem Chlor-Isotop an Mäusen.

Die Methode der radioaktiven Indikatoren hat mit der Entdeckung der künstlich radioaktiven Atomarten einen erheblich erweiterten Anwendungsbereich bekommen. Sie hat sich bisher besonders bei physiologischen Untersuchungen über die Verteilung einzelner Elemente im Organismus von Tier und Pflanze und ihre Teilnahme am Stoffwechsel bewährt. Wir haben im Zusammenhang mit orientierenden

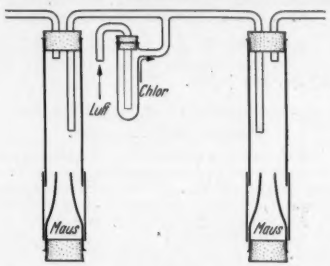


Fig. 1.

Versuchen über die Geschwindigkeit des Stoffwechsels verschiedener Elemente in verschiedenen Organen auch die Frage geprüft, ob und unter welchen Bedingungen der Verbleib von Atemgiften im Organismus mit dieser Methode verfolgt werden kann.

Zu diesem Zweck ließen wir Mäuse Chlor atmen, das Radiochlor enthielt, töteten die Tiere sofort oder 5 bzw. 8 Minuten danach und prüften die Radioaktivität einzelner Organe am Geiger-Müller-Zählrohr. Es stand eine leistungsfähige Neutronenquelle (Lithium + Deuteronen, Neutronenausbeute etwa gleich der von 50 g Radium-Beryllium-gemisch) zur Verfügung, mit der etwa $5 \cdot 10^{-3}$ m C Radiochlor erzeugt werden konnten. Dennoch mußte — bei der verlustreichen Art der Zuführung des Chlors — dafür gesorgt werden, daß die Mäuse einen möglichst großen Bruchteil des verfügbaren Radiochlors einatmeten. Es war also notwendig, das aktive Chlorisotop möglichst frei von inaktivem zu gewinnen, damit die Tiere nicht allzusehr geschädigt würden. Wir wählten daher zur Gewinnung des Radiochlors eine von Erbacher und Philipp[1]) beschriebene Methode: Es wurden 2 kg Äthylenchlorid mit langsamen Neutronen bestrahlt und mit Wasser ausgeschüttelt; das Radiochlor wurde nach Zusatz von 1 mg Natriumchlorid mit Silbernitrat gefällt, filtriert und durch Oxydation freigemacht. Eine Spur inaktiven Chlors ist als Träger notwendig, auch um die Adsorption des Radiochlors an den Gefäßwänden und vor allem am Fell der Tiere zurückzudrängen. Das Fell wurde darüber hinaus soweit wie möglich durch Glas abgedeckt (Fig. 1). Wegen der kurzen Halbwertszeit des Radiochlors war schnelles Arbeiten erforderlich. Die beigefügte Tabelle gibt die Durchschnittswerte einiger Versuchsreihen wieder.

Radiochlor findet sich sehr bald nach dem Einatmen schon in verschiedenen Organen. Das Verhältnis der Prozentzahlen für Lunge und für die anderen Organe ist bei

Tabelle 1. Radiochlorgehalt der Organe von Mäusen, die verschiedene Zeit nach Einatmung von Chlor getötet wurden.

Organe	Mittelwert der Aktivität pro 100 mg Organgewicht in Teilchen pro Minute			Relative Aktivität einzelner Organe in Prozent der Gesamtaktivität		
	Zeit nach Einatmung					
	0 min	5 min	8 min	0 min	5 min	8 min
Lunge . .	415	81	93	79 %	60 %	45 %
Niere . .	47	33	89	9 %	24,4 %	43 %
Leber . .	36	15	13	7 %	11,1 %	6,2 %
Hirn . .	27	6	12	5 %	4,5 %	5,8 %

sofort getöteten Tieren schon nur noch 3,8, nach 5 Minuten auf 1,5 und nach 8 Minuten auf 0,8 gesunken. Eine gewisse Anreicherung scheint in den Nieren stattzufinden.

Die Versuche werden fortgesetzt. Insbesondere soll geprüft werden, welche Unterschiede sich in bezug auf Verteilung und Ausbreitungsgeschwindigkeit des Chlors gegenüber den mitgeteilten Werten ergeben, wenn das Chlor den Tieren in ungiftiger Form, z. B. als Natriumchlorid mit der Nahrung oder intravenös zugeführt wird.

Berlin, Wissenschaftliches Laboratorium der Auergesellschaft und Berlin-Buch, Genetische Abteilung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Hirnforschung, den 20. März 1940.
H. J. Born. Helene Timoféeff-Ressovsky.

[1]) O. Erbacher u. K. Philipp, Trennung der radioaktiven Atome von den isotopen stabilen Atomen. Z. physik. Chem. (A) 176, 169 (1936).

p_H-Änderungen in röntgenbestrahlten Polyacrylsäurelösungen.

Auf Grund des Verhaltens von Eiweißkörpern[1]) und Virusproteinen[2]) bei Kryolyseversuchen war von F. F. Nord darauf hingewiesen worden, daß dieselben in Lösungen als Mizellaggregate*) in einem temperatur- und konzentrationsbedingten Aggregationsgleichgewicht vorhanden sind, das durch physikalische Eingriffe (Strahlung, Frost usw.) gestört werden kann. Die Aggregationsgleichgewichte werden nun einmal bestimmt durch die Zahl der zur Aggregation führenden Stöße der Einzelteilchen, d. h. ihre kinetische Beweglichkeit, und zum anderen durch die Zahl und Stärke der „Agregationsfähigkeit" der verschiedenen Molekülgruppen.

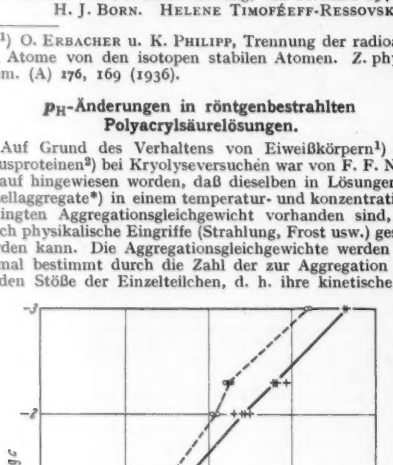


Fig. 1. R-Bestrahlung von Polyacrylsäurelösungen verschiedener Konzentrationen.
←——→ unbestrahlt, ← – – → 3 Std. bestrahlt.

Durch Dispergierung oder Aggregation der Einzelteilchen in einer Lösung von Polyacrylsäure oder Proteinkörpern mit spezifisch saurem oder basischem Charakter läßt sich nun, wie bereits durch Frierversuche nachgewiesen, eine p_H-Änderung feststellen, die man auf eine Änderung des Dispersitätsgrades zurückführen kann, wie dies auch schon früher, z. B. an ähnlichen Versuchen mit Seifenlösungen, von Mc Bain und M. E. Laing[3]) und von P. A. Thiessen[4]) durch Leitfähigkeitsmessungen nachgewiesen wurde.

Die p_H-Änderungen röntgenbestrahlter Polyacrylsäurelösungen verschiedener Konzentration zeigen den in Fig. 1 dargestellten Verlauf, wenn alle äußeren Bedingungen, wie Intensität der Bestrahlung, Bestrahlungsdauer, Temperatur usw., konstant gehalten werden. Der Effekt ist reversibel, d. h. die durch Röntgenstrahlen erzielte p_H-Änderung geht nach einiger Zeit auf den Ausgangswert der unbestrahlten Lösung zurück. Die Bestrahlung erfolgte in kleinen, luftdicht verschlossenen Quarzküvetten mit Mo-Antikathode (13 mA und 42 kV). Neben jeder bestrahlten Lösung wurde eine entsprechende unbestrahlte Kontrolle laufend auf p_H-Konstanz geprüft. In Fig. 1 sind jeweils 4 verschiedene Versuche angeführt, die völlig untereinander übereinstimmten, wenn die gleiche Lösung benutzt wurde. Bei den abweichenden Werten waren die Verdünnungsstufen zwar aus derselben Ausgangslösung hergestellt, aber an verschiedenen Tagen.

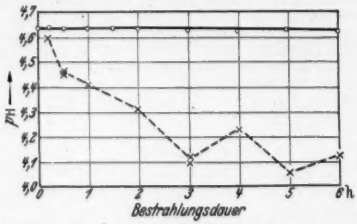


Fig. 2. R-Bestrahlung einer 0,01proz. Polyacrylsäurelösung.
←——→ unbestrahlt, ← – – → bestrahlt.

Bei längeren Bestrahlungszeiten ergaben sich p_H-Änderungen, wie sie in Fig. 2 für eine Lösung von 0,01 % Polyacrylsäure verzeichnet sind, die gleichfalls reversibel sind. In dieser Versuchsreihe wurde eine einheitliche Ausgangsverdünnung verwendet, und die Schwankungen der p_H-Werte sind daher als reell zu betrachten.

Es besteht hierbei eine offensichtliche Analogie zu den rhythmischen Fällungen durch Röntgenstrahlen und UV.-Licht, die sich in den Versuchen von Nakashima[5]) zeigten und späterhin insbesondere von B. Rajewsky[6]) und Mitarbeitern systematisch untersucht wurden. Von Dessauer[7]) wurde seinerzeit darauf hingewiesen, daß von der in der kolloiden Lösung absorbierten Röntgenstrahlenenergie nur ein Bruchteil in Dissoziationsarbeit übergeht und nur eine geringe elektrolytische Veränderung nachweisbar war. Die Ursachen dieser geringfügigen oder überhaupt nicht nachweisbaren p_H-Änderungen konnten in einer besonderen Versuchsreihe aufgeklärt werden.

Auch bei Frierversuchen mit Polyacrylsäurelösungen[8]) ergaben sich ähnliche p_H-Änderungen, und zwar trat hier der Wechsel zwischen Zu- und Abnahme der Wasserstoffionenkonzentration in Abhängigkeit von der Konzentration auf. Eigenartigerweise verschwindet hier diese abwechselnde Zu- und Abnahme der p_H-Werte bei Begasung mit O_2 zugunsten einer kontinuierlichen Abnahme und bei CO_2-begasten Lösungen zugunsten einer kontinuierlichen Zunahme der p_H-Werte.

Die Röntgenbestrahlung von Polymethacrylsäureamidlösungen ergab in den bisher gewählten Konzentrationen und Bestrahlungszeiten keine Änderung der p_H-Werte.

*) Diese Auffassung konnte inzwischen einwandfrei durch elektronenoptische Aufnahmen von G. A. Kausche und H. Ruska für Tabakmosaikvirusproteine bestätigt werden [Biochem. Z. 33, 224 (1939)].

[1]) Naturwiss. 31, 481 (1936); vgl. auch L. Holzapfel, Kolloid-Z. 85, 272 (1938).
[2]) I. Remesov und Mitarbeiter, Bull. Biol. et Méd. expér. URSS 3, 66 (1937); vgl. auch G. Pyl, Z. Hyg. 114, 501ff. (1933).
[3]) Trans. chem. Soc. 117, 1506 (1920).
[4]) Z. physik. Chem. A 156, 460 (1931).
[5]) Strahlenther. 24 (1926).
[6]) Biochem. Z. 227, 272 (1930).
[7]) Z. Physik 12, 38 (1923); 20, 288 (1923).
[8]) F. F. Nord u. L. Holzapfel, Biodynamica 1940.

obgleich sich solche bei Frierversuchen[1]) nachweisen ließen und gleichfalls reversibel waren.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die Förderung der Untersuchung, Herrn Prof. P. GÜNTHER, Direktor des Phys. Chem. Instituts der Universität Berlin bin ich für die Möglichkeit, diese Versuche in seinem Institut durchzuführen, zu besonderem Dank verpflichtet.

Der Fa. Röhm und Haas danke ich für die Sonderanfertigung des Polymethacrylsäureamids, der I.G. Farbenindustrie A.G. für die Überlassung der Polyacrylsäure.

Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Silikatforschung, den 26. März 1940. LUISE HOLZAPFEL.

Über die Paaremission von Fluor bei Beschießung mit Protonen.

FOWLER und LAURITSEN[1]) haben gezeigt, daß Fluor bei Beschießung mit Protonen neben γ- und α-Strahlen auch Elektronen-Positronen-Paare emittiert. Die Anregungsfunktion dieser Paaremission zeigt Resonanzen, die mit denen der γ-Emission weder zusammenfallen noch in einem Zusammenhang überhaupt stehen dürften. Die Paare entstehen daher primär und sind nicht sekundäre Produkte einer internal conversion von γ-Strahlen. Eine Deutung dieses neuen Phänomens könnte nun darin bestehen, daß es in dem aus ${}_9F^{19} + {}_1H^1$ entstehenden ${}_{10}Ne^{20}$-Zwischenkern Prozesse gibt, bei denen ein Proton aus einem angeregten Zustand in einen tieferen fällt und dabei vermittels einer virtuellen Emission eines neutralen Yukawa-Teilchens ein Elektron-Positron-Paar emittiert. Diese neutralen Yukawa-Teilchen wurden bekanntlich eingeführt zur Deutung der Gleichheit der Kernkräfte Neutron-Neutron, Proton-Proton, Neutron-Proton, wie sie sich aus der sorgfältigen Analyse der Streuversuche von Protonen an Protonen auf Grund der GUTH-SEXLschen Streutheorie durch BREIT, CONDON und PRESENT ergab. Da Absorptionsmessungen an Ultrastrahlen die geladenen Yukawa-Teilchen als im freien Zustande instabil erwiesen, ist es plausibel, anzunehmen, daß auch die neutralen Yukawa-Teilchen im freien Zustande instabil sind und in ein Elektron-Positron-Paar zerfallen können, was die obige Deutung der Experimente von FOWLER und LAURITSEN unmittelbar nahelegt.

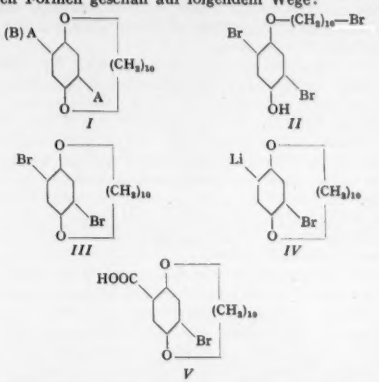
Wien, Institut für theoretische Physik der Universität, den 26. März 1940. THEODOR SEXL.

[1]) W. A. FOWLER und C. C. LAURITSEN, Physic. Rev. (2) 56, 840 (1939).

Ein neuartiger Fall von Molekularasymmetrie.

Nach dem früher angegebenen Verfahren[1]) zur Darstellung cyclischer Äther mit eingeschlossenen aromatischen Ringen hat H. GRALHEER[2]) eine Reihe von im Kern substituierten Dekamethylenäthern des Hydrochinons vom Typ I dargestellt. Die Modellbetrachtung zeigt, daß derartige Verbindungen in spiegelbildlichen Formen existieren müssen, je nachdem sich die Polymethylenbrücke oberhalb oder unterhalb der Ebene des Benzolrings erstreckt. Voraussetzung ist dabei, daß der Polymethylenring genügend eng und die Substituenten — sie können gleich (AA) oder verschieden (AB) sein — so groß sind, daß sie ein Durchschwingen des Benzolkerns durch den größeren Ring verhindern. Bei sehr engem Ring genügt bereits das Vorhandensein eines einzigen Substituenten A zur Erzeugung der Molekularasymmetrie: dann vermag schon die unsubstituierte Seite des Benzolkerns sich nicht mehr durch den umfassenden Ring zu drehen.

Die Darstellung einer Verbindung vom Typ I in optisch aktiven Formen geschah auf folgendem Wege:



2,5-Dibromhydrochinon wurde mit Dekamethylenbromid in den mono-10'-Bromdecyläther (*II*) übergeführt und dieser nach[1]) zum Dekamethylenäther (*III*) vom Schmelzp. 94° cyclisiert. Mittels Phenyllithium verwandelten wir diesen nach der Brom-Lithium-Austauschreaktion von WITTIG[3]) in die mono-Lithiumverbindung (*IV*), die durch Umsetzung mit überschüssigem Kohlendioxyd den 4-Bromgentisinsäure-dekamethylenäther (*V*) vom Schmelzp. 114—115° lieferte. Über das Strychninsalz erhielten wir aus dieser razemischen Säure die negativ drehende Form vom Schmelzp. 154°, $[\alpha]_D^{17} = -36{,}7°$ in Aceton, in Chloroform dagegen $[\alpha]_D^{17} = +2{,}3°$. Die aus der Mutterlauge des Strychninsalzes wiedergewonnene Säure lieferte über das Cinchoninsalz ohne Schwierigkeit die antiloge Form gleichen Schmelzpunktes, $[\alpha]_D^{17} = +37{,}5°$ in Aceton, $[\alpha]_D^{17} = -2{,}5°$ in Chloroform. Die äquimolare Mischung der beiden aktiven Formen gibt wieder die ursprüngliche razemische Säure (*V*) vom Schmelzp. 115,5° zurück. Das Natriumsalz der aktiven Form behält seine Drehung bei einstündigem Erhitzen auf 90° in wäßriger Lösung unverändert bei; in Übereinstimmung mit dem räumlichen Modell (Stuart-Kalotten) findet also bei mittleren Temperaturen keinerlei Razemisation statt.

Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, den 2. April 1940.
A. LÜTTRINGHAUS. H. GRALHEER.

[1]) LÜTTRINGHAUS u. ZIEGLER, Liebigs Ann. 528, 155 — LÜTTRINGHAUS, Liebigs Ann. 528, 181 (1937).
[2]) Dissertation. Berlin 1938.
[3]) WITTIG, POCKELS u. DRÖGE, Ber. dtsch. chem. Ges. 71, 1903 (1938).

Besprechungen.

Fortschritte der Chemie, Physik und Technik der makromolekularen Stoffe. Hrsg. von WILHELM RÖHRS, HERMANN STAUDINGER und RICHARD VIEWEG. München und Berlin: J. F. Lehmann 1939. XV, 331 S. und 134 Abbild. 15 cm × 23 cm. Preis brosch. RM 23.40, geb. RM 25.—.

Der Schwerpunkt des vorliegenden Berichts liegt in der Besprechung der etwa in den letzten zwei Jahrzehnten erzielten Fortschritte auf dem Gebiete der *Kunststoffe*. Die Grenzen des Inhaltes sind also enger gesteckt, als es der Titel zunächst vermuten läßt. In der Behandlung der natürlich vorkommenden makromolekularen Stoffe ist auf Vollständigkeit der Darstellung verzichtet worden.

Die Herausgeber haben sich diese Beschränkung absichtlich und offenbar aus dem Bestreben heraus auferlegt, den Umfang der Monographie nicht über ein gewisses handliches Maß hinaus anschwellen zu lassen. Weitere Bände dieser Fortschrittsberichte sind geplant, für die Aufsätze aus den Gebieten der Zellulose, der Proteine und der Kunstfasern in Aussicht gestellt werden.

Die natürlichen Hochpolymeren werden immerhin soweit abgehandelt, als sie etwa Gegenstand typischer neuer Untersuchungen oder Vorbilder für die Erzeugung künstlicher makromolekularer Stoffe gewesen sind oder als sie etwa durch chemische Umwandlungen in neuartige Kunststoffe auf natürlicher Basis umgeformt wurden.

In dem ersten, *chemischen Teil* des Buches gibt zunächst H. STAUDINGER eine kurze Übersicht über die makromolekulare Chemie, sodann schildert G. V.

SCHULZ vom Standpunkte des Reaktions-Kinetikers die Entstehung makromolekularer Stoffe durch Polymerisation und Polykondensation, wobei naturgemäß die wichtigen Arbeiten von SCHULZ selbst auf diesem Gebiet eine besondere Würdigung erfahren haben. Es folgen Abschnitte über makromolekulare Säuren und Basen von W. KERN und von DREHER über die Chemie der Phenoplaste.

Der anschließende *Physikalische Teil* ist zunächst von den vielfältigen Gesichtspunkten der Materialprüfung aus geschrieben. Nach einleitenden Ausführungen von R. VIEWEG gibt W. ESCH eine Übersicht über Entwicklung und derzeitigen Stand der Typisierung, Normung und Überwachung der Kunststoffe sowie über die Prüfverfahren nicht elektrischer Natur. G. PFESTORF und W. HETZEL berichten dann über ähnliche Entwicklungen auf dem Gebiete der Untersuchung und Prüfung elektrischer Eigenschaften makromolekularer Stoffe.

Den Abschluß des Physikalischen Teils bildet ein Aufsatz von O. KRATKY über die Untersuchung von Faserstoffen mit Röntgenstrahlen, wobei die verschiedenen Methoden der Untersuchung gestreift und im übrigen die heute als gesichert geltenden Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse vor allem auf dem Gebiet der in der Natur vorkommenden Hochmolekularen behandelt werden.

Von großer Vielseitigkeit ist schließlich der (letzte) technische Teil, dessen Untergruppierung sich an die Stichworte „Härtbare Kunststoffe" (W. RÖHRS), „thermoplastisch verformbare Hochpolymere" (P. NOWAK), Zelluloseester und -äther" (W. FORSTMANN), „Lacke und Anstrichstoffe" (G. ZEIDLER und O. MERZ) anlehnt. Neben Rohstoffproblemen und Fabrikationsfragen werden dem Leser hier auch ausführlich die modernsten apparativen Errungenschaften vertraut gemacht. Der Leser erhält weiter einen guten Einblick in die schon fast verwirrende Vielgestaltigkeit der heute technischer Anwendung fähigen, künstlich hergestellten hochmolekularen Stoffe, er erfährt, wie weit heute schon das Ziel der Kunststofftechnik erreicht ist, der Praxis für jede Art der Beanspruchung im Gebrauch den bestens geeigneten synthetischen Werkstoff in die Hand zu geben.

Das Buch entwirft ein Bild einer ungemein raschen und erstaunlichen wissenschaftlichen und technischen Entwicklung. Es zeigt außerdem, in welcher Richtung heute an der Erweiterung des Neulands gearbeitet wird. Der Charakter des Buches als Fortschrittsbericht bringt es mit sich, daß man an die Homogenität des Dargebotenen keine übertriebenen Anforderungen stellen darf. Es sind Einzelschilderungen, jedoch geschickt und anregend geschrieben. Trotz der Vielzahl der Verfasser sind die mannigfachen Beziehungen zwischen Chemie, Physik und Technik der makromolekularen Stoffe gut herausgearbeitet. So ist das Werk sicherlich eine wertvolle Bereicherung unserer heute schon nicht mehr ganz unbedeutenden Literatur über die hochmolekularen Substanzen.

KARL ZIEGLER, Halle a. d. S.

Annual review of biochemistry. Vol. VII. Hrsg. von JAMES MURRAY LUCK und CARL R. NOLLER. Stanford University Press, California 1938. VII, 571 S. 14 cm × 22 cm. Preis geb. $ 5.—.

Der Band VII des erfolgreichen Werkes über den jährlichen Fortschritt der Biochemie schließt sich würdig seinen Vorgängern an. Wiederum sind die wichtigsten Gebiete von namhaften Autoren dargestellt worden. In erster Linie wird die Literatur des Jahres 1937 besprochen, jedoch findet im Sinne des Gesamtplanes hier und da auch die Entwicklung eines Gebietes in einem größeren Zeitabschnitt Berücksichtigung. Die großen Fortschritte unserer Kenntnisse auf dem Gebiet der Enzymforschung kommen besonders in den Abschnitten über „Die Chemie kristallisierter Enzyme" (J. N. NORTHROP und R. M. HERRIOTT) und „Biologische Oxydation und Reduktion" (L. MICHAELIS und C. V. SMYTHE) zum Ausdruck. Den Fortschrittsberichten über die deskriptive Biochemie der Kohlenhydrate (E. F. ARMSTRONG), der Fette und Öle (G. S. JAMIESON), der „Tierischen Pigmente" (R. LEMBERG) und der „Terpene, Saponine und verwandten Stoffe" (W. A. JACOBS und R. C. ELDERFIELD) schließt sich ein besonders fesselnder Überblick über „Die Chemie der Aminosäuren und Proteine" (M. BERGMANN und C. NIEMANN) an, in dem die vielen neuen Ansätze zur Konstitutionsvermittlung der Eiweißstoffe dargelegt und kritisch gewürdigt werden. Der zuletzt genannte Aufsatz findet eine schöne Ergänzung durch den Abschnitt „Stoffwechsel der Aminosäuren und Proteine" (H. A. KREBS). Neben den Darstellungen des „Zuckerstoffwechsels" (H. E. HIMWICH), des „Fettstoffwechsels" (F. VERZÁR), des „Kreatin-Kreatininstoffwechsels" (K. THOMAS) erfreut besonders die an grundsätzlichen Ergebnissen reiche Zusammenfassung unserer Kenntnisse über „Chemie und Stoffwechsel der Phosphorverbindungen" (K. LOHMANN). Unter der Überschrift „Hormone" (O. WINTERSTEINER und P. E. SMITH) werden besonders die Steroidhormone und die Wirkstoffe des Hypophysenvorderlappens besprochen. Die Ergebnisse der Vitaminforschung sind folgendermaßen unterteilt: „Vitamin B-Gruppe" (R. A. PETERS und J. R. O'BRIEN), „Vitamin C" (R. A. PETERS und H. W. DAVENPORT) und „Fettlösliche Vitamine" (J. C. DRUMMOND). Es folgen „Ernährung" (H. H. MITCHELL), „Biochemie des Muskels" (E. LUNDSGAARD), „Leber und Galle" (A. C. IVY und L. A. CRANDALL, jr.), „Chemie der Bakterien" (W. H. PETERSON und M. J. JOHNSON), und ein von großen Fortschritten zeugender Aufsatz aus der Pflanzenphysiologie „Wachstumsregulatoren der höheren Pflanzen" (P. BOYSEN JENSEN) schließt den Band. Neu aufgenommene Themen behandeln den „Säuren-Basen-Stoffwechsel" (J. SENDROY, jr.) und die an praktischer Bedeutung zunehmenden „Organischen Insektenvertilgungsmittel" (F. B. LA FORGE und L. N. MARKWOOD).

Dem bewährten Herausgeber (J. M. LUCK) ist in vorliegendem Band erstmalig C. R. NOLLER (Stanford-University) an die Seite getreten. Besondere Erwähnung verdient noch die Ankündigung, daß in Zukunft dem „Annual review of biochemistry" ein „Annual review of physiology" an die Seite treten wird.

A. BUTENANDT, Berlin-Dahlem.

Berichtigung.

In meinem Aufsatz „Zum 70jährigen Bestehen des Geodätischen Instituts in Potsdam (H. 12, S. 187) ist statt des Absatzes 2 zu lesen:

„Als einzige der bereits am Geodätischen Institut vor seiner Übersiedlung von Berlin nach Potsdam tätigen Gelehrten leben noch, nach einer Tätigkeit von mehreren Jahrzehnten 1922 bzw. 1923 in den Ruhestand versetzt, Professor HAASEMANN und Geheimrat Professor A. GALLE, der Sohn des bekannten Neptunentdeckers, der, 1812 geboren, im Alter von 98 Jahren hier starb, beide noch von erfreulicher geistiger und körperlicher Rüstigkeit."

OTTO MEISSNER.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.